



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **«Исследование условий зарождения и эволюции фронтальных
антициклонов»**

Исполнитель Буланов Павел Николаевич ПМ-Б17-1-3
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико - математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
доцент Неёлова Людмила Олеговна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

Кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

«1» июни 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

Содержание

	Стр.
Введение	3
1 Антициклоны умеренных широт северного полушария	
1.1 Типы антициклонов и стадии их развития	5
1.2 Условия зарождения и свойства антициклонов в различных стадиях развития	9
1.3 Регенерация антициклонов	17
1.4 Погода в различных стадиях развития антициклона	18
2 Комплексный анализ циркуляции атмосферы в весенне-летний период	
2.1 Анализ особенностей атмосферной циркуляции летом 2017 года (июль и август)	23
2.2 Анализ особенностей атмосферной циркуляции весной 2020 года (март)	30
3 Основные характеристики развития внетропических фронтальных антициклонов. Август 2017 года. Март 2020 года.	
3.1 Анализ антициклона над Европейской территорией России 12.08- 22.08 2017г.	34
3.2 Анализ антициклона над Европой и ЕТР за 4-9 марта 2020 года.	36
3.3 Анализ антициклонов над Европой за 12 по 17 марта и с 20 марта по 30 марта 2020 года.	38
Заключение	42
Список использованных источников	44
Приложение	45

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, атмосфера Земли представляет собой газовую оболочку, которая окружает нашу планету. Атмосфера Земли является средой, в которой с определенной периодичностью происходит образование и разрушение крупномасштабных барических образований – циклонов и антициклонов. Именно данные барические образования формируют погодные характеристики в определенных районах планеты. Поэтому, очень важно более точно прогнозировать возникновение и дальнейшее развитие, как циклонов, так и антициклонов.

Цель представленного исследования – анализ возникновения фронтальных антициклонов, их траектории и явления погоды, связанные с ними за летний период 2017 года и за весенний период 2020 года. Особенно следует отметить, что важным является исследование именно блокирующих антициклонов, которые при определенных условиях могут образовываться в северном полушарии, нарушая западно-восточный перенос. Данные барические образования отличаются от антициклонов, которые регулярно возникают во внетропических широтах и не вызывают особых неприятностей с точки зрения опасных явлений погоды, таких, как сильная жара, засуха летом и морозы, низкие температуры зимой.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и трех приложений. В первой главе дается описание антициклонов умеренных широт. В ней на основании литературных источников описываются типы антициклонов и стадии их развития, условия зарождения и свойства антициклонов в различных стадиях развития, регенерация антициклонов и погода в различных стадиях развития антициклона.

Вторая глава посвящена комплексному анализу циркуляции атмосферы летом 2017 года и весной 2020 года.

В третьей главе анализируются основные характеристики развития внетропических фронтальных антициклонов на примере отдельных антициклонических образований весной и летом.

Список использованных источников содержит 15 наименований. В приложении приложены карты, по которым проводился анализ развития антициклонов.

1. АНТИЦИКЛОНЫ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

1.1 Типы антициклонов и стадии их развития.

В [1] дается именно такое определение антициклона: «Антициклонами называют огромные воздушные вихри, в которых частицы воздуха в северном полушарии перемещаются по часовой стрелке, в южном же – против часовой стрелки». Антициклоны имеют следующую особенность – в них давление у земли распределяется так, что в центре вихря оно является максимальным. На рис.1.1 представлена схема антициклона.

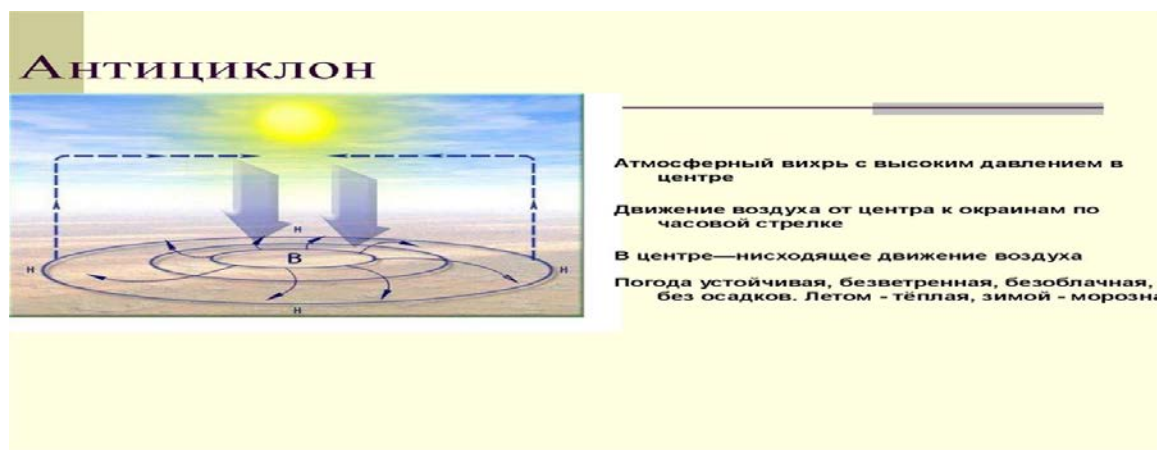


Рис.1.1 Схема антициклона

На картах абсолютной барической топографии также именно в центре антициклонов высота определенной изобарической поверхности является максимальной. В зависимости от географического района, а также особенностей возникновения и развития антициклоны бывают:

А) внетропическими

Б) субтропическими.

Внетропические антициклоны в свою очередь делятся на промежуточные (между циклонами одного семейства), заключительные (в тыловой части последнего циклона из серии) и нефронтальные (местные, термические). В данном исследовании мы будем уделять внимание именно фронтальным

крупномасштабным антициклонам. Антициклоны бывают одноцентровыми и многоцентровыми. Если антициклон многоцентровый, то два и более близко расположенных центра на периферии имеют общие замкнутые изобары. Для антициклона, кроме того, различают вторичный антициклон или, как его часто называют, «отрог». В отличие от нижних слоев атмосферы, в средней и верхней тропосфере, очень редко бывают многоцентровые барические образования. Как указано в [1], барические системы на картах абсолютной топографии АТ-700, АТ-500 и т.д. имеют более простой вид, чем на приземных картах или на картах АТ-850. Поговорим теперь о траекториях перемещения антициклонов. В зависимости от направления перемещения различают такие траектории (откуда эти барические образования приходят) – северные, западные, южные и восточные. Очень часто обозначают траектории более детально, например – с северо-запада (полярное вхождение), с северо-востока (ультраполярное вхождение), отроги (ядра) сибирского антициклона (они смещаются, как правило, с востока на запад), отроги (ядра) азорского антициклона (смещаются с запада на восток). Конечно, траектории антициклонов не бывают просто прямолинейными, они могут с течением времени менять траекторию перемещения. Тогда траектории становятся криволинейными. Хочется обратить внимание на тот факт, что в атмосфере имеются районы, в которых антициклоны часто становятся малоподвижными и существуют длительное время. Имеется в виду синоптические центры действия атмосферы. При этом указывается их географическое положение. Существуют центры действия атмосферы, которые находятся в различных регионах земного шара. Были выявлены в результате наблюдений и выделены в следующие категории: перманентные (постоянные) и сезонные (появляющиеся в определенное время года). Так на климатических картах выявляются центры действия атмосферы, к ним относят (перечислены только антициклоны):

- Азорский антициклон;

- Северо-Тихоокеанский (Гавайский максимум);
- Южно-Атлантический максимум;
- Южно-Индийский максимум;
- Южно-Тихоокеанский максимум;
- Полярные области высокого давления, это Арктический и Антарктический максимум. К сезонным центрам действия атмосферы относят такие антициклоны, образование которых связано с интенсивным прогревом или охлаждением внутренних районов материковой зоны в летний и зимний период [1,2,3]:
- Азиатский антициклон;
- Канадский антициклон;
- Сахаро -Аравийский минимум;
- Южно - Азиатский минимум.

В зависимости от вертикальной протяженности антициклонической циркуляции, то есть от толщины слоя, в котором на картах АТ обнаруживаются замкнутые изогипсы, различают следующие антициклоны:

- Низкие, когда замкнутые изобары имеются на приземной карте, и могут быть на картах АТ-850, но отсутствуют на более высоких уровнях.
- Средние, когда замкнутые изогипсы присутствуют на картах до АТ -300
- Высокие, когда антициклон прослеживается до высоты ≈ 9000 м и выше
- Верхние, когда антициклон отмечается на конкретных уровнях атмосферы, но не у Земли.

- Стратосферные, к которым можно отнести высокие тропосферные антициклоны, простирающиеся и в нижнюю стратосферу, или такие антициклоны, которые только в стратосфере и образовались.

При детальном анализе антициклонической циркуляции стоит обсудить вопрос о вертикальной оси вихря. Следует различать горизонтальные оси и вертикальную ось. Горизонтальные оси – это оси симметрии (например, большую и малую) при замкнутых эллиптических изобарах или изогипсах.

Вертикальная ось вращения – она проходит на каждом уровне через центр антициклона. И еще имеет место высотная ось – линия, соединяющая приземный центр с высотными центрами. Высотная ось антициклона наклонена в сторону наиболее теплой воздушной массы (обычно на юго-запад). Это связано с тем, что теплой воздушной массе в верхней тропосфере соответствует область повышенного давления. Если центры у земли и на высотах совпадают, то говорят о барическом образовании с квазивертикальной осью.

Антициклоны после образования проходят следующие стадии развития, но иногда фронтальные волны не успевают получить дальнейшего развития и разрушаются в начальных стадиях. Деление на стадии происходит условно, но при этом наблюдаются закономерности, которые отражают развития и явления, связанные со стадией. Таким образом, выделяют:

- начальная стадия (стадия волны);
- молодой антициклон;
- антициклон максимального развития;
- ослабление разрушение антициклона;

Стоит отметить, что само деление на стадии непрерывного развития антициклона носит несколько условный характер. Ведь между стадиями нет четких границ. Однако именно выделение стадий имеет существенное

прогностическое значение. Оно выражает определенные общие закономерности развития каждого барического образования.

1.2. Условия зарождения и свойства антициклонов в различных стадиях развития

Основная часть антициклонов относится к фронтальным барическим образованиям. На самом деле, возникновение и развитие антициклона тесно связано с развитием циклона. Это, как говорится, единый процесс. Общим является то, что развитие соседних циклонов и антициклонов тесно связано с высотной фронтальной зоной, но с различными ее участками. Если мы проанализируем уравнение (1.1), то можно определить условия, благоприятные для антициклогенеза в определенном районе.

$$\frac{\partial H_{p_0}}{\partial t} = \frac{mg^2}{l} (H, \nabla^2 H)_p + ml^2 D_p + amg \frac{\partial}{\partial t} \nabla^2 T_m \quad (1.1)$$

В данном уравнении $\frac{\partial H_{p_0}}{\partial t}$ - изменение давления в районе исследования. При антициклогенезе оно должно увеличиваться. Большие значения горизонтальных градиентов температуры и давления в высотной фронтальной зоне благоприятны для антициклогенеза. Теперь посмотрим на отличия в образовании антициклона от циклона. Для успешного антициклогенеза благоприятными условиями являются –

1. Отрицательная адвекция вихря скорости в средней атмосфере, иными словами $(H, \nabla^2 H) > 0$,
2. Положительное значение дивергенции скорости ветра ($D_p > 0$)
3. Увеличение во времени лапласиана средней температуры слоя, то есть $\frac{\partial}{\partial t} \nabla^2 T_m > 0$.

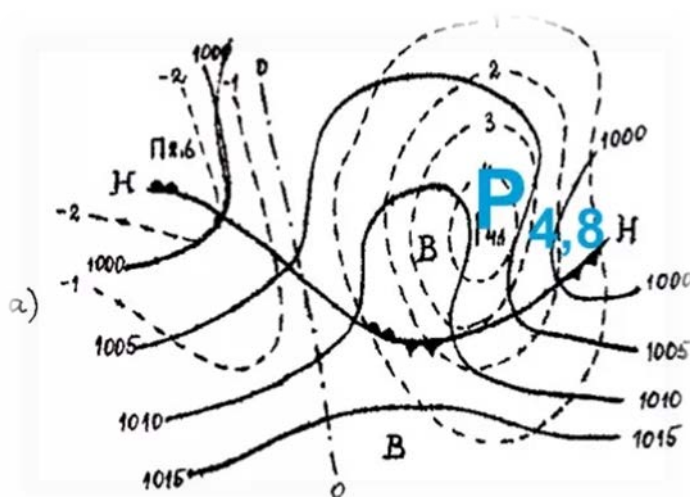


Рис.1.2 условия у земли, наиболее благоприятные для антициклогенеза

На рис. 1.2 представлено поле у земли, наиболее благоприятное для антициклогенеза. Сплошные линии – изобары на приземной карте, пунктирные – изолабары.

В атмосфере могут возникать и нефронтальные (термические) антициклоны. Они возникают в размытых барических полях над охлажденной подстилающей поверхностью. Над сушей такие антициклонические образования возникают над Кольским полуостровом зимой. Летом термические антициклоны могут возникать только в ночные часы. [1]. В нашем исследовании нас интересуют фронтальные антициклоны. Следует подчеркнуть еще раз, что во фронтальных антициклонах (см. рис. 1.3) линия фронта не может проходить через центр антициклона. Она проходит по линии, приблизительно нормальной к оси гребня. Воздух оттекает во все стороны от центра антициклона, что исключает возможность сближения и взаимодействия разнородных воздушных масс вблизи его центра. Характерным для антициклонов является образование слоев инверсии, которые могут иметь различное происхождение. В центральных частях антициклонического образования, при которых наблюдаются слабые ветра и отсутствие облачности, создаются наиболее благоприятные условия

для радиационного выхолаживания и образования в ночные часы слоя инверсии. Величина этого слоя невелика и составляет десятки метров. Он быстро разрушается летом в дневные часы. Это можно связать с влиянием прогрева подстилающей поверхности и турбулентным и конвективным перемешиванием. В антициклонах слои инверсии формируются в связи определенными благоприятными условиями – нисходящими движениями воздуха и растеканием опускающегося воздуха по горизонтали. Именно такие инверсии носят название – инверсии оседания. В этом случае быстро возрастет вертикальный градиент потенциальной температуры.

Рассмотрим формулу (1.2)

$$\frac{\partial \Theta}{\partial z} = \frac{\Theta}{T} (\chi_a - \chi) \approx (\chi_a - \chi) \quad (1.2)$$

В (1.2) введены следующие обозначения:

Θ - потенциальная температура в К, T – абсолютная температура в К, а $(\chi_a - \chi)$ - разница вертикального сухоадиабатического градиента и вертикального градиента в атмосфере. При $\frac{\partial \Theta}{\partial z} = 1^\circ / 100 \text{ м}$, имеет место изотермия, при $\frac{\partial \Theta}{\partial z} = 1^\circ / 100 \text{ м}$, наблюдаем инверсию температуры.

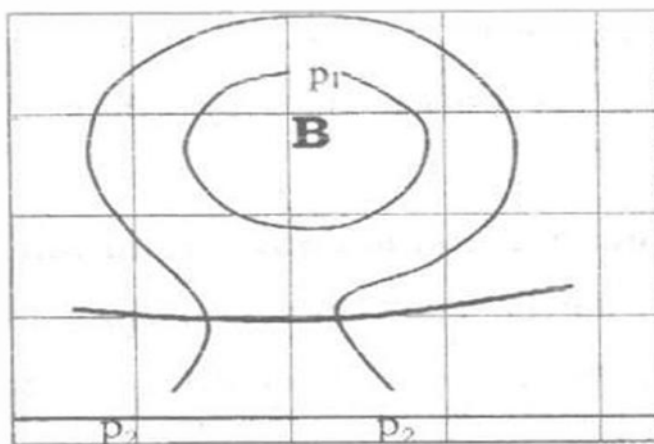


Рис.1.3. Схема расположения атмосферного фронта в антициклоне

В начальной стадии развития приземный антициклон располагается под тыловой частью высотной барической ложбины. Если говорить о барическом гребне на высотах, то предполагается, что он сдвинут в тыловую часть относительного приземного центра. [1,2]. Скорости ветра над приземным центром антициклона в средней тропосфере достаточно велики и иногда достигают на уровне 500 гПа величины 20-30 м/с. При этом наблюдается существенное отклонение реального ветра от градиентного ветра. Нисходящие движения воздуха развиваются достаточно быстро, потом происходит рост давления, и, как следствие – усиление антициклона. В тыловой части, как можно видеть, суммарный рост давления у поверхности Земли будет ослаблен. Из-за усиления динамического роста давления в передней части происходит деформация термобарического поля, приводящая к образованию высотного гребня. Под этим гребнем у Земли и оформляется самостоятельный центр антициклона.

Следующая стадия – молодой антициклон. На рис. 1.4. схема представлена схема термобарического поля молодого антициклона. Пунктирные линии – изотермы, черные сплошные – изобары, тонкие сплошные – изогипсы поверхности АТ700.

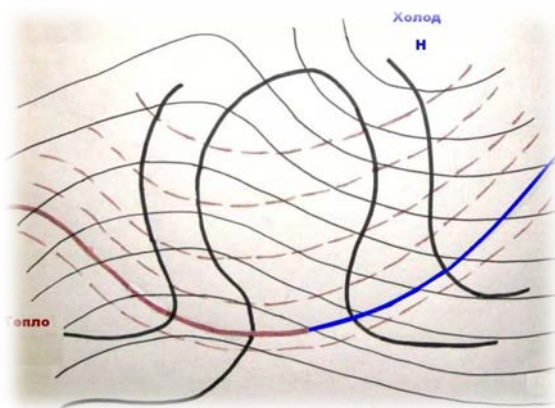


Рис.1.4. Схема термобарического поля молодого антициклона.

Из рис.1.4. видно, что барический гребень на высотах по отношению к приземному центру антициклона является сдвинутым в тыловую часть. Над его передней частью уже располагается хорошо выраженная барическая ложбина. Если говорить о самом центре антициклона у поверхности Земли, то он, все таки, располагается именно под передней частью барического гребня. А вот их антициклоническая кривизна уменьшается вдоль потока. И именно сходимост ь изогипс над передней частью антициклона в определенной степени может благоприятствовать динамическому росту давления. А адвекция холода также благоприятствует росту давления, уже за счет адвекции. Если обратить внимание на тыловую часть антициклона, то там наблюдается адвекция тепла. Антициклон является термически асимметричным барическим образованием. Термический гребень несколько отстает от барического гребня. У поверхности Земли отмечается усиление крупномасштабного антициклонического вихря.

Теперь обсудим стадию антициклона, который находится в максимальном развитии. (см. рис.1.5.)

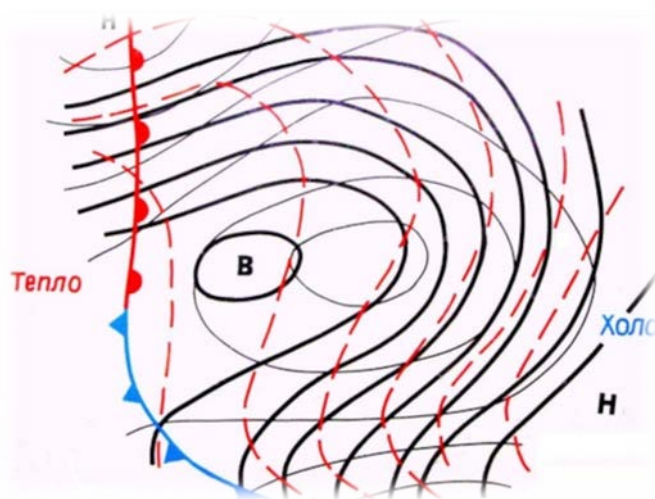


Рис.1.5. Антициклон в стадии максимального развития

Красные пунктирные линии – изогипсы ОТ500/1000, черные сплошные жирные – изобары, черные тонкие – изогипсы АТ-700.

В стадии максимального развития антициклон является достаточно мощным барическим образованием. Давление в его центре у земли высокое. К тому же, линии тока расходятся от центра к периферии. Крупномасштабный вихрь распространяется до больших высот. На высотных картах антициклон тоже прослеживается. В нижних слоях тропосферы мощный антициклонический вихрь является холодным барическим образованием. Он располагается в зоне холода. Рост давления в центре антициклона прекращается. И только на периферии антициклона располагается область, в которой происходит рост давления. На рис.1.6. представлена фаза разрушения антициклона (термобарическое поле разрушающего антициклона)

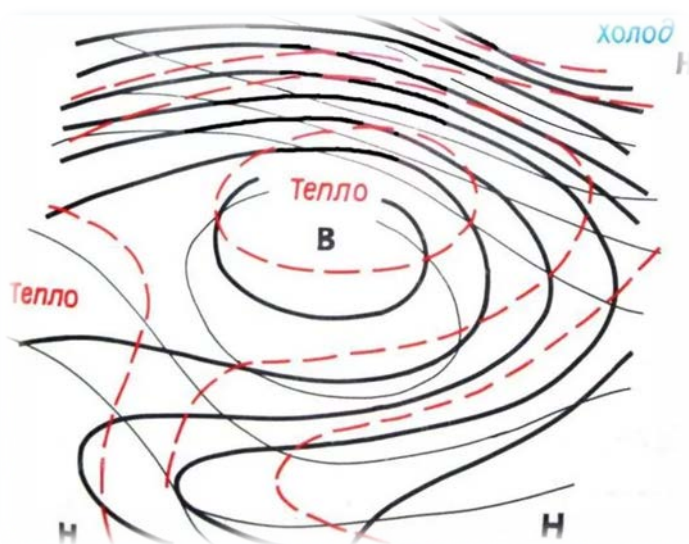


Рис.1.6 .Термобарическое поле антициклона в стадии разрушения.

Красные пунктирные линии – изогипсы ОТ500/1000, черные сплошные жирные – изобары, черные тонкие – изогипсы АТ-700.

В стадии ослабления (разрушения) антициклон является высоким барическим образованием с квазивертикальной осью. Замкнутые центры высокого давления чаще всего прослеживаются практически на всех уровнях тропосферы. Из-за нисходящих вертикальных движений в антициклоне происходит опускание воздуха. При этом он нагревается. В тылу антициклона происходит адвекция тепла. Из-за адвекции тепла и

адиабатического нагрева это барическое образование быстро заполняется тёплым воздухом. Наибольшие горизонтальные контрасты температуры могут наблюдаться на периферии антициклона. Следовательно, можно сделать вывод, что в стадии разрушения антициклон термически симметричное барическое образование. Приземное давление в антициклоне становится все ниже и ниже и он разрушается.

Стоит обратить внимание на условия зарождения заключительного антициклона. (см рис. 1.7.)

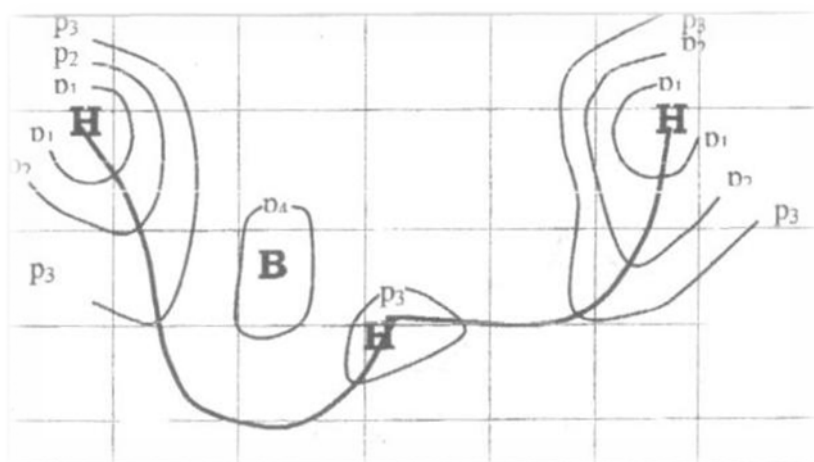


Рис.1.7. Схема зарождения заключительного антициклона

Ведь именно так называемые заключительные антициклоны являются одним из основных типов фронтальных антициклонов. Они образуются за холодным фронтом последнего циклона определенного циклонического семейства. Заключительный антициклон развивается при наличии двух малоподвижных центральных циклонов, образовавшихся на одном атмосферном фронте, на котором образуется неглубокий циклон. В тылу этого циклона зарождается заключительный антициклон. Возникший за холодным фронтом антициклон является низким холодным барическим образованием. В дальнейшем развитии антициклон за счет нисходящих движений превращается в теплое высокое барическое образование.

Табл. 1.1 показывает отношение вероятности изменения антициклона в зависимости от значения горизонтальных градиентов на картах ОТ500/1000. К примеру, в центральной части антициклона с вероятностью в 72 % начнется его усиление, если значение градиента больше 18 дам на 1000 км. Ну, а если значение градиента меньше 11 дам на 1000 км, то с вероятностью 52 % он начнет ослабевать. Справа от приземного центра значения градиента меняются, и уже при более 12 дам на 1000 км вероятность усиления более 80%, а при значении менее 4 дам на 1000 км вероятность ослабления антициклона равна 55%.

Вероятность эволюции антициклонов у поверхности Земли при различных значениях градиента ОТ 500/1000 в дам на 100 км. Величины, представленные в таблице, полученные для Европы.

Табл.1.1.

Вероятность (%) эволюции антициклонов у поверхности земли при различных значениях градиента

Эволюция	Градиент гп. дам/1000 км			
	В центральной части антициклона		Справа от приземного центра антициклона	
	≤ 11	≥ 18	≤ 4	≥ 12
Усиление	26	72	25	81
Без изменений	22	10	20	9
Ослабление	52	18	55	10

1.3. Регенерация антициклона.

Что такое регенерация антициклона? Под этим термином мы понимаем не что иное, как уже усиление старых антициклонов, которые находятся в стадии разрушения (ослабления). При определенных условиях с этим старом уже барическим образованием происходит то, что оно начинает возрождаться. Это и называется «регенерацией антициклона». В случае адвекции холодного воздуха в его переднюю часть или адвекции тепла в его тыл и может происходить такое преобразование антициклона. Если мы проанализируем термобарическое поле, то в этом поле можно заметить возрастание горизонтальных градиентов температуры. Повторный антициклогенез и есть регенерация. Оба процесса регенерации имеют общую основу – старый разрушающийся малоподвижный антициклон. Из анализа рис.1.8. можно представить себе схему развития нового антициклона в отроге старого антициклона. При этом новое ядро поглощает старый антициклон.

Схема регенерации при развитии нового антициклона в отроге старого (новое ядро поглощает старый антициклон)

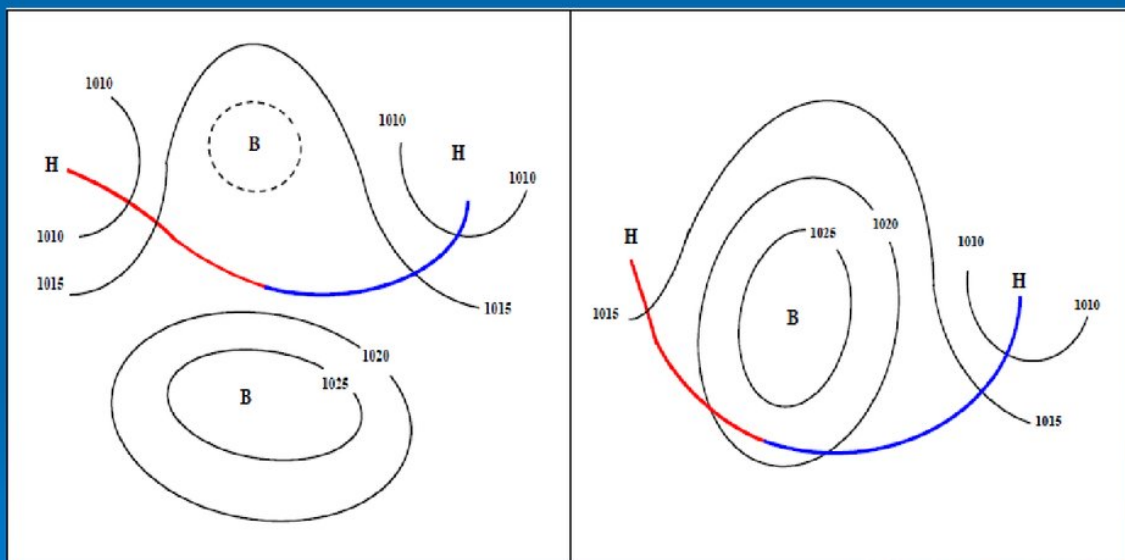


Рис. 1.8. Регенерация антициклона

1.4. Погода в различных стадиях антициклона.

С антициклоном летом связана ясная солнечная погода. Но в действительности, на явления погоды влияет не только стадия развития барического образования, а также какой частью это барическое образование будет проходить пункт наблюдений.

В пунктах 1.1, 1.2, 1.3 были указаны стадии развития антициклона. В данном разделе будет рассмотрены не только фазы (стадии) развития, но и явления погоды, которые характерны для данных фаз (стадий).

Перейдем к рассмотрению характеристик погодных условий в антициклоне. Еще раз перечислим стадии развития антициклона.

1. – начальная стадия
2. – молодой антициклон
3. – стадия максимального развития
4. – стадия разрушения (ослабления)

Как было уже указано ранее, необходимым фактором антициклогенеза является рост давления. Можно объединить в одну стадию и стадию возникновения и стадию молодого антициклона. В антициклоне выделяют обычно зоны, которые существенно различаются по погодным условиям. На рис 1.9, представлена схема антициклона. На этой схеме выделено четыре части. Рассмотрим каждую в отдельности.

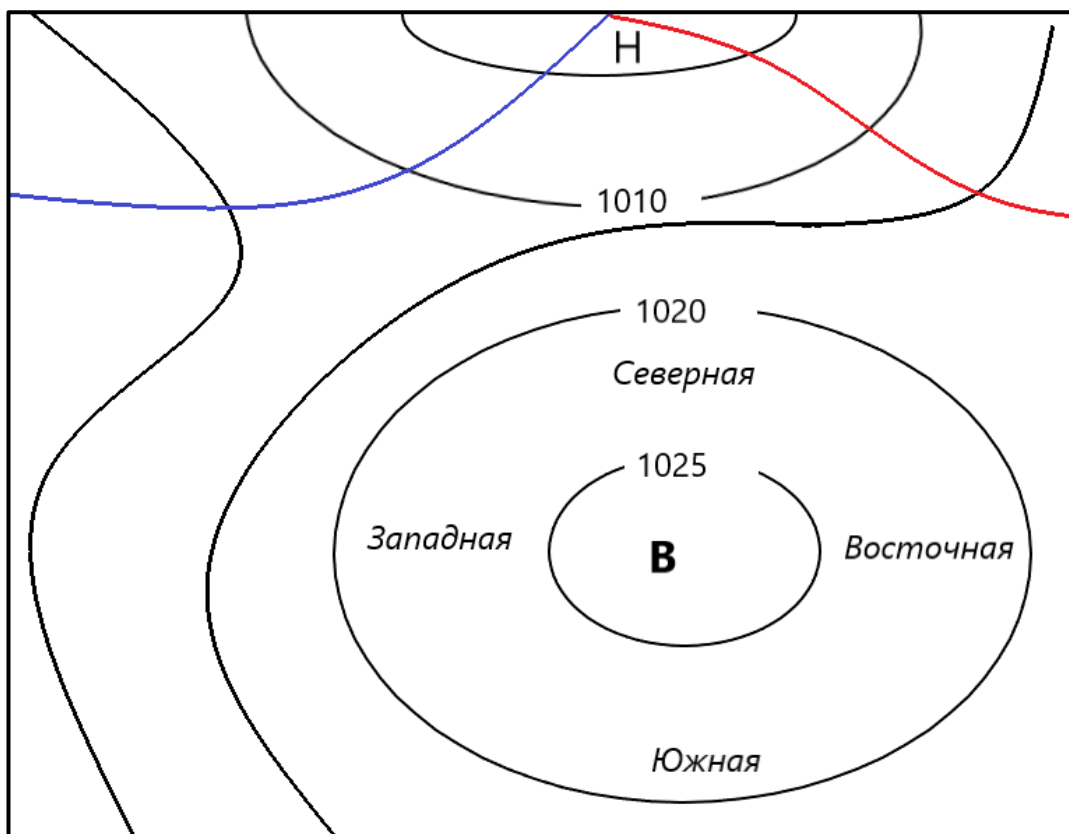


Рис. 1.9.Схема антициклона с выделенными частями.

Северная окраина антициклона. Она обычно связана с теплым сектором циклона. Это хорошо видно на рис.1.9. В холодное время года очень часто наблюдается облачность нижнего яруса St и Sc. При этом могут наблюдаться слабые осадки из этих облачных систем. Могут также наблюдаться осадки из системы As-Ns, так как эта система облаков связана с теплым сектором циклона. (см. рис.1.9). Достаточно часто могут наблюдаться туманы. Летом именно в этой части антициклона можно наблюдать облака верхнего яруса (в небольшом количестве – 4-5 баллов). Также развиваются кучевые облака Cu hum и Cu med. В теплое время года возможна облачность конвективных форм, которые приносят ливневые осадки.

Южная окраина антициклона примыкает к северной части циклона. В этой части наблюдаются облака верхнего яруса. Могут наблюдаться и облака среднего яруса. И из облаков As может зимой даже выпадать снег. На южной окраине хорошо развитого антициклона зимой могут быть отмечены большие градиенты давления и очень сильные ветра. Например, на юге ЕТР,

на побережье Черного моря могут возникнуть метели и особые местные ветра (Новороссийская Бора). «Бора - сильный, холодный, порывистый местный ветер, возникающий в случае, когда поток холодного воздуха встречает на своём пути возвышенность; преодолев препятствие, бора с огромной силой обрушивается на побережье. Вертикальные размеры боры — несколько сот метров. Затрагивает, как правило, небольшие районы, где невысокие горы непосредственно граничат с морем». На рис. 1.10 представлена приземная карта погоды за 29.11.2019. В этот день сформировалась Новороссийская бора. Как видно из рис.1.10, бора сформировалась в южной части Сибирского антициклона. Имел место мощный поток холодного и сухого воздуха, скорость ветра составляла до 26 м/с, а порывы местами достигали ураганных 31 м/с. В порту города сильный ветер снес грузовой контейнер. Также сообщается о поваленных деревьях и рекламных щитах. Но по сравнению с борой 1993 или 2002 годов такие последствия совсем незначительны.

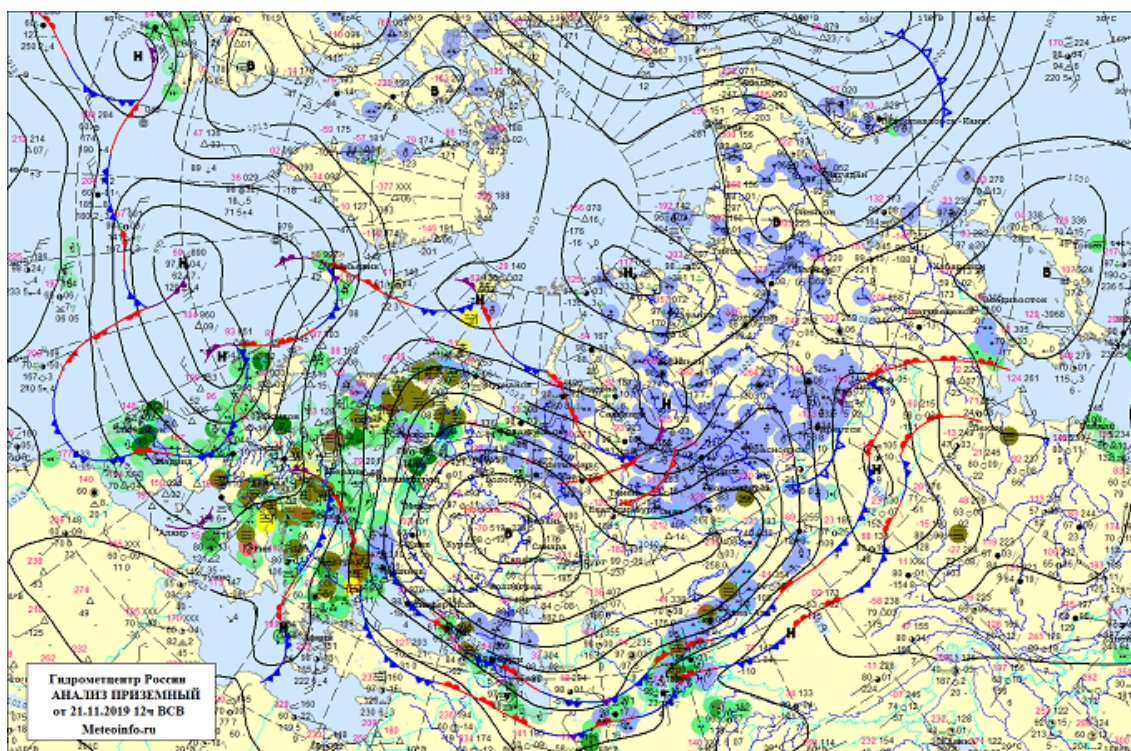


Рис. 1.10. Приземная карта погоды за 29.11.2019.

Западная окраина антициклона примыкает к передней части циклона. Именно в западной части могут проявляться первые признаки теплого фронта. Это облака верхнего яруса – Ci. В холодное полугодие в этой части антициклона могут возникать и St и Sc . В таких случаях наблюдаются зоны слабых осадков. Эти осадки, скорее всего связаны с прохождением верхнего фронта, который отделился от фронтальной системы окклюдированного циклона, расположенного южнее антициклона. В тех случаях, когда имеет место блокирующий антициклон, который малоподвижен, на его западной периферии часто накапливается несколько параллельных друг другу фронтов. Создаются условия для сильных ветров. (см. рис. 1.11) На данном рис. Наблюдается обширный антициклон с давлением в центре 1043 гПа. На западной его периферии можно отметить большие градиенты давления и, как следствие, сильные ветры.

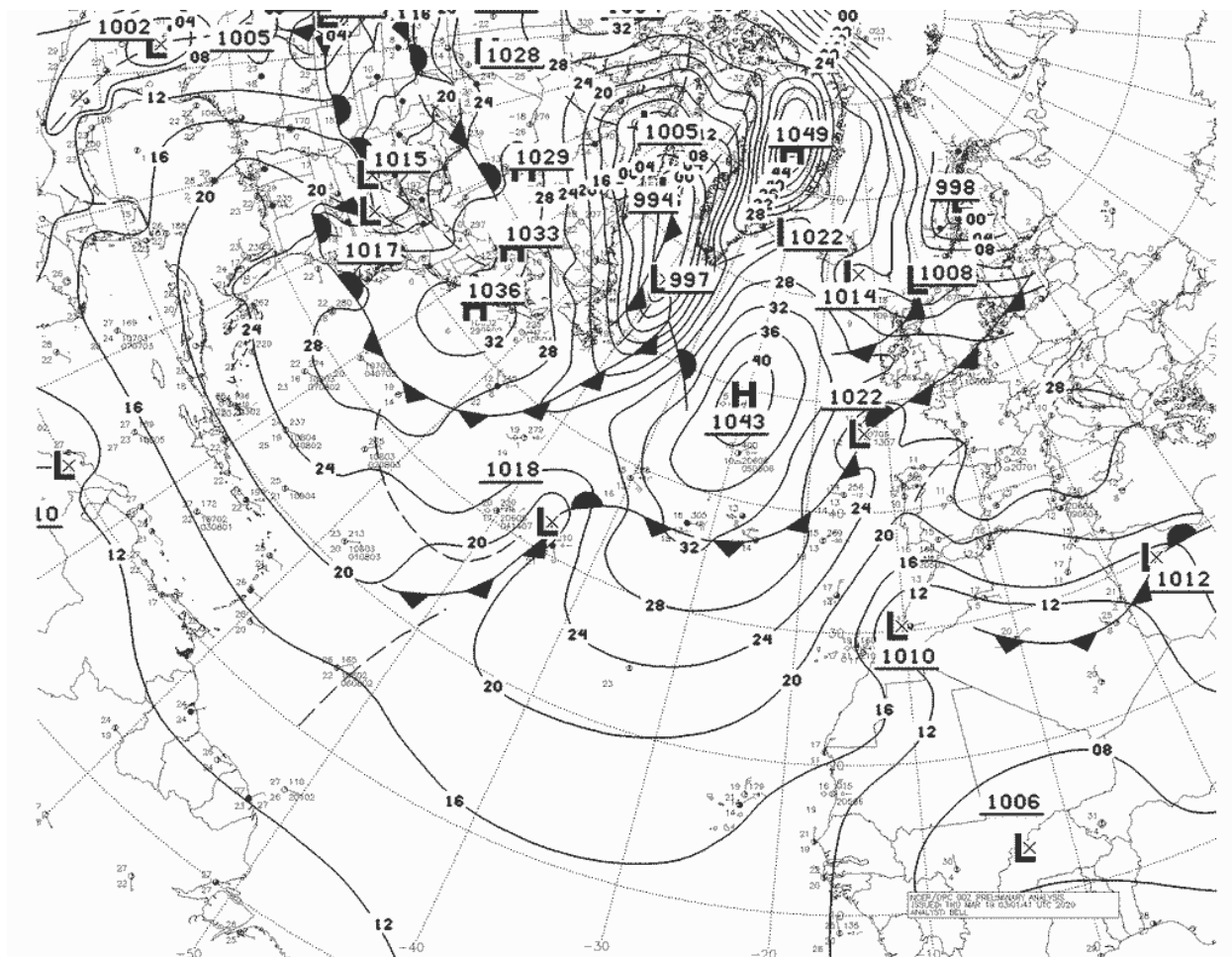


Рис.1.11. Приземный анализ за 19 марта 2020 года

Летом на западной окраине при высокой температуре воздуха и высокой относительной влажности часто возникают грозы.

Для восточной окраины особенно характерны, из-за неустойчивости воздушной массы, конвективные формы облачности, связанные с грозами и ливнями. Образуются формы облаков вертикального развития. На рис. 1.12. представлена кольцевая карта, на которой можно наблюдать грозы на восточной части барического гребня.

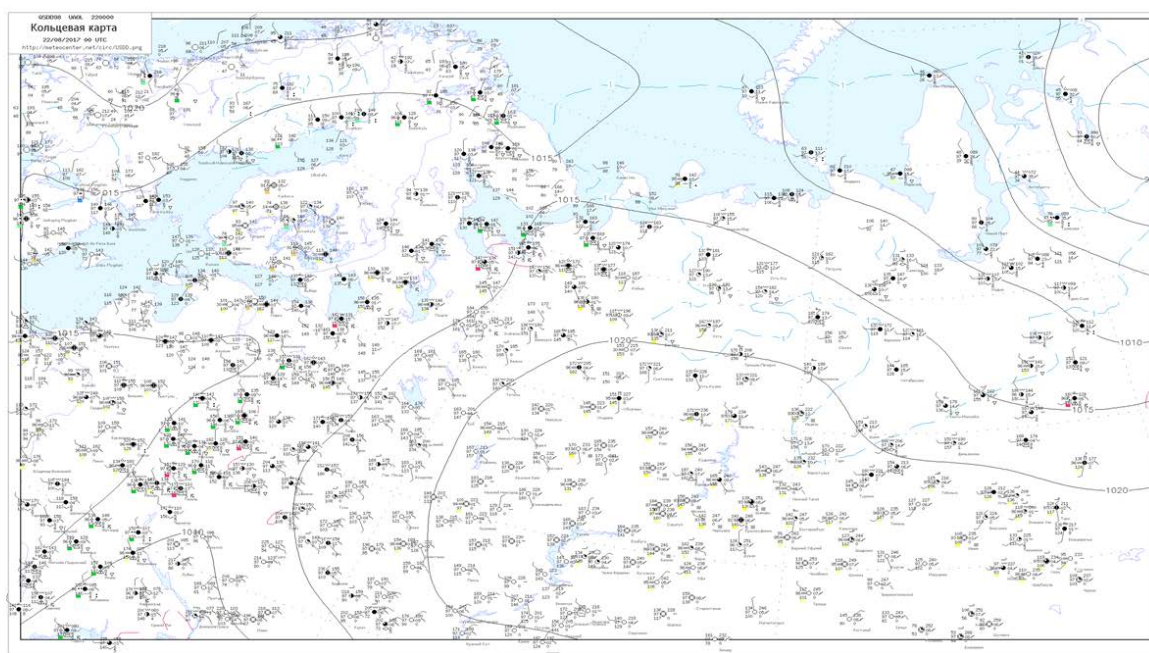


Рис. 1.12 Кольцевая карта за 22 августа 2017 года.

Зимой может образовываться не сплошная облачность типа Sc, которая образуется в результате растекания облаков Сb. Из северной части антициклона в эту часть могут перемещаться подынверсионные облака.

2. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

В данной главе остановимся подробнее на особенностях циркуляции летом 2017 года и весной 2020 года. Именно для этих временных промежутков и будут в дальнейшем рассмотрены конкретные синоптические ситуации с антициклонами. Для исследования выбраны июль и август 2017 года и март 2020 года.

2.1. Анализ особенностей атмосферной циркуляции летом 2017 года (Июль и август)

Проанализировав данные [4] можно отметить, что циркуляция в июле в верхней стратосфере (на уровне АТ-10) в течение всего месяца оставалась вполне характерной для лета. Положение полярного антициклона было близко к климатической норме. Но интенсивность этого барического образования была сниженной. В августе продолжалось снижение интенсивности полярного антициклона, и к концу месяца началась перестройка на зимнюю циркуляцию. На рис.2.1 представлено осредненное

за июль поле геопотенциала АТ-500 и аномалий геопотенциала АТ-500.

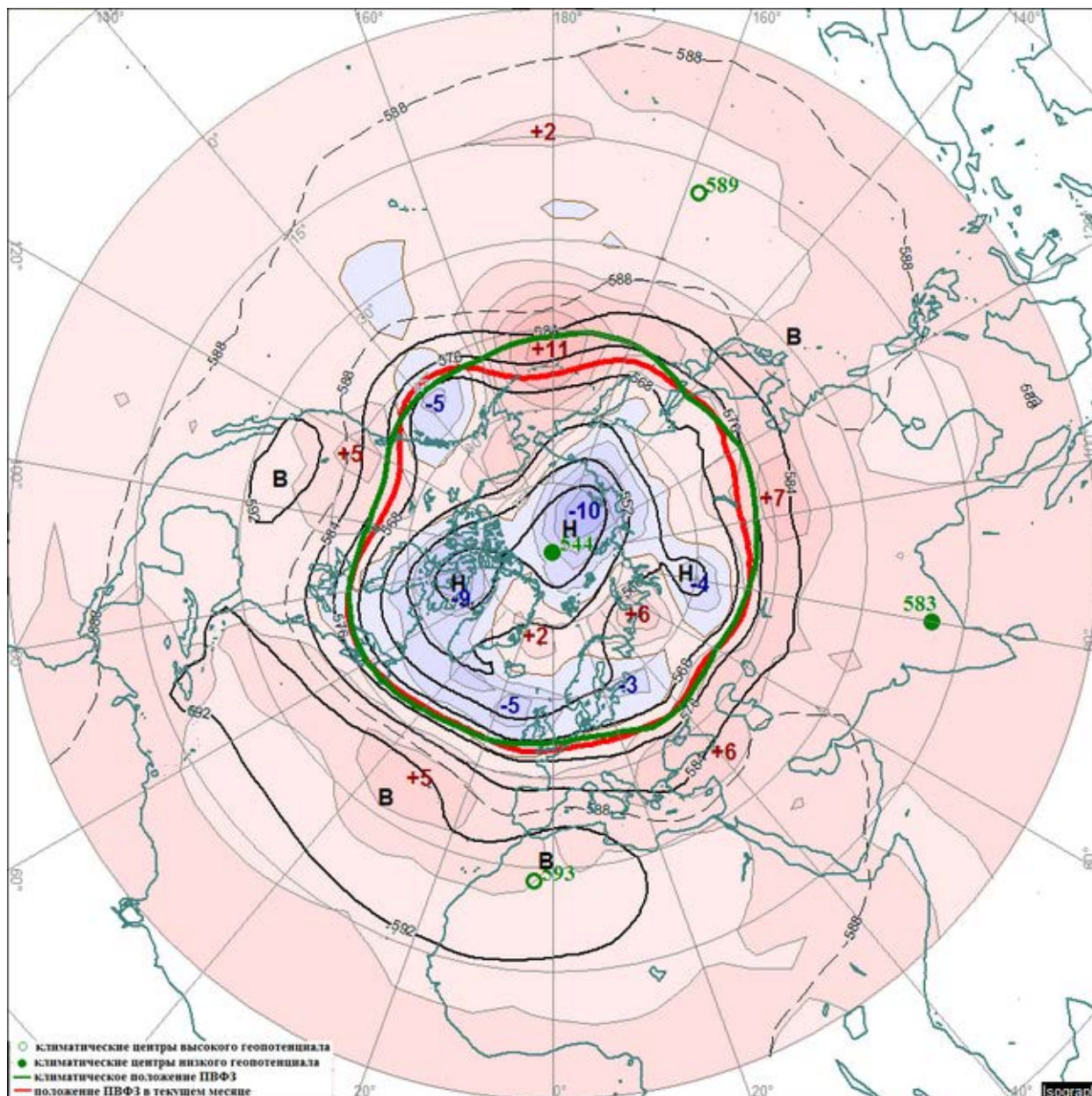


Рис.2.1 Карта геопотенциала и аномалий геопотенциала АТ-500 (дам). Июль 2017г.

В средней тропосфере (на уровне АТ-500) в осредненном за июль поле геопотенциала имело ряд особенностей. В высоких широтах отмечались области повышенного значения геопотенциала. (см. рис.2.1). Гребни формировались над Восточной Европой, ЕТР и над Уралом. Под их влиянием находились области севера России, и даже о. Новая Земля. В среднем за месяц положительные аномалии над югом о. Новая Земля и над островом Войгач достигали величины + 6 гПа. Тропосферные высотные

гребни имели место и над севером Скандинавии и над восточной частью Гренландии (+2 дам). Околополярный циклон сложную конфигурацию - два центра. Основной центр смещен с полюса в сторону моря Лаптевых (аномалии до -10 дам), а второй располагался над островом Баффинова Земля (аномалии -9 дам). Циклонам не оставалось ничего другого, как менять свои классические траектории, огибать тропосферные гребни, которые блокировали их движения. Циклоны смещались по более южным траекториям. Они выходили, при этом, на Северную Европу. Аномалии за месяц севернее Ирландии составили -5 дам, а над Балтийским морем – -3 дам.

В августе также наблюдались области повышенных значений геопотенциала поверхности 500гПа. Самые значительные из них отмечались на юге ЕТР (до +10 дам), на севере Камчатки (до +12 дам) и на севере Канады (до +11 дам). (см. рис.2.2)

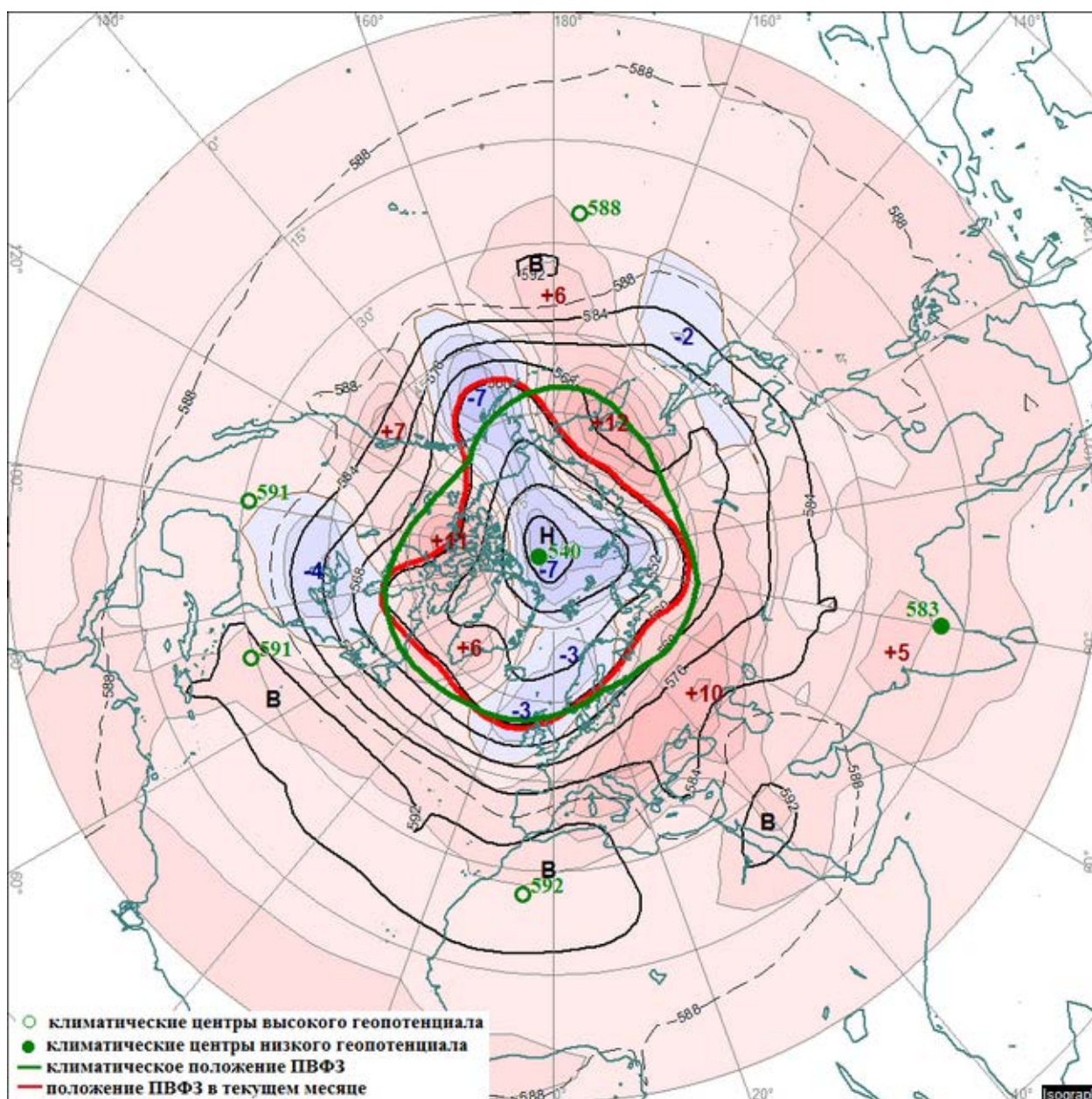


Рис.2.2 Карта геопотенциала и аномалий геопотенциала АТ-500 (дам). Август 2017г.

Европейские тропосферные гребни наиболее интенсивны были во второй декаде августа над Центральной и Восточной Европой.

В осредненном за июль поле приземного давления (см. Рис.2.3) отмеченные выше особенности атмосферной циркуляции наблюдаются и у

земли.

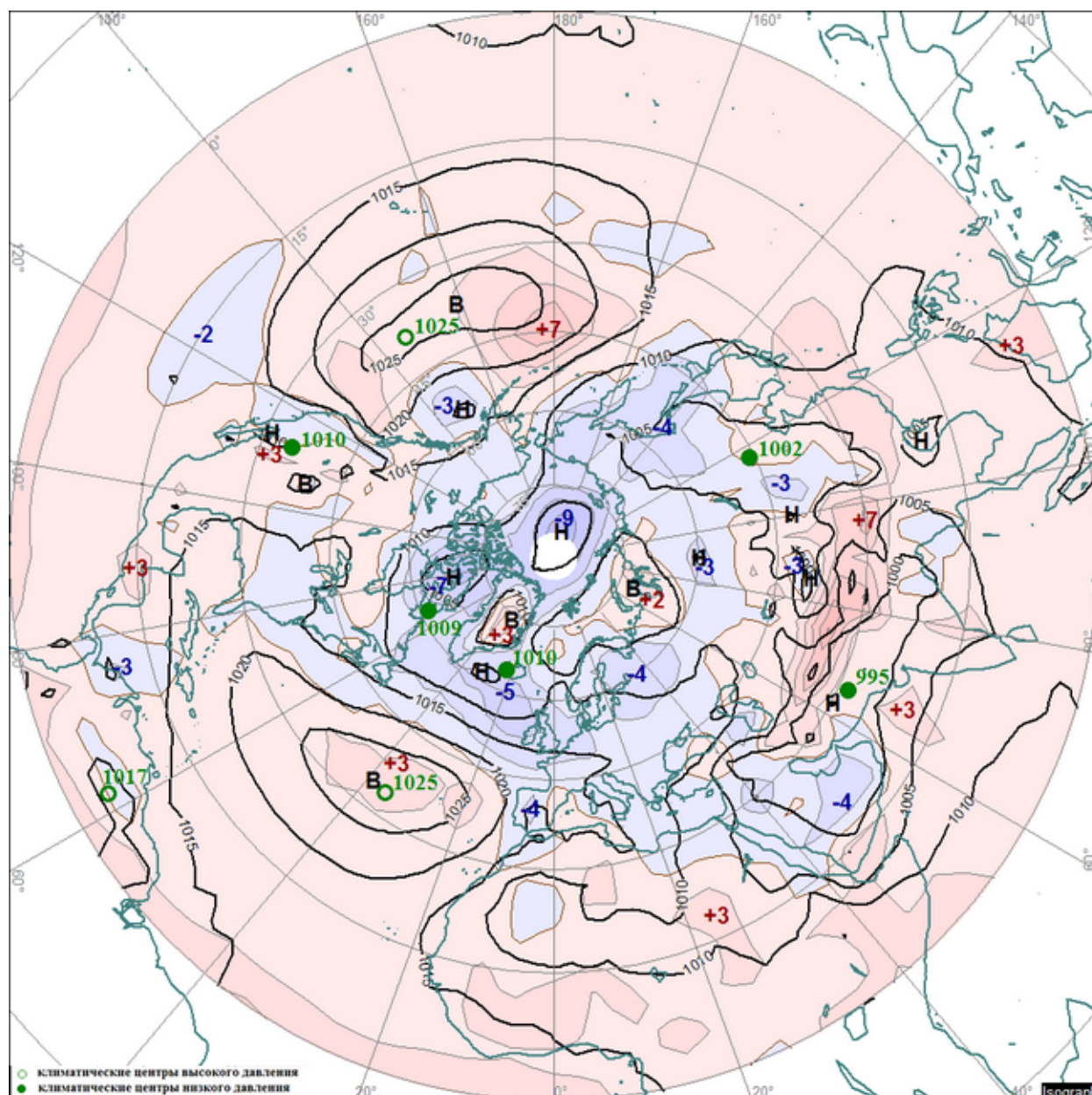


Рис.2.3. Карта давления и аномалий давления на уровне моря (гПа). Июль 2017 г.

Если посмотреть на карту, то можно отметить что и Азорский максимум и Исландский минимум занимали место, близкое к климатическому, но было достаточно ярко выражены. Давление в Азорский максимум было в среднем выше нормы на 3 гПа, в Исландском минимуме – на 5 гПа. Гребни от Азорского максимума распространялись в Западную и Южную Европу. В этих районах отмечалась жаркая погда. Бушевали лесные пожары. В Италии 2 человек стали жертвами пожаров. Атлантические циклоны были

заблокированные мощными северными антициклонами. Они смещались на Центральную и Восточную Европу. Очень сильные дожди прошли в конце месяца в Германии. На юге страны 24 июля за 12 часов выпало 102 мм дождя. Не менее активными были и северные антициклоны, которые формировались в результате взаимодействия гренландских и полярных антициклонов: аномалии давления над Гренландией и п-ов Ямал в среднем за месяц составили до +3 гПа. Большая часть Европы и ЕТР на месячной карте оказалась занятой отрицательными аномалиями давления, наибольшее их значение над Финским заливом до -4 гПа. Благодаря антициклональной погоде над северо-востоком ЕТР, севером Урала и севером Западной Сибири сформировались значительные положительные аномалии температуры. Наибольшие их значения были над Ямалом (до +6 °С). Также в этих районах отмечался дефицит осадков. На центральные и южные районы Западной Сибири в июле оказывали влияние как западные, так и южные циклоны (аномалии давления над Новосибирской областью -4 гПа).

В августе также наблюдалось повышенное атмосферное давление у земли. В осредненном за август месяц поле приземного давления можно отметить, что влияние Азорского максимума, особенно в первой половине месяца, простиралось далеко на восток. Обширная область положительных аномалий давления от +2 до +4 гПа занимала практически всю Европу, Урал и южную половину Западной Сибири. Но самое интересное заключалось в том, что на месте центра Исландской депрессии сформировались положительные аномалии давления до +3 гПа. Ислендский минимум был значительно смещён к востоку на Норвежское море, где в связи с этим аномалии давления составили -4 гПа.(см. рис.2.4)

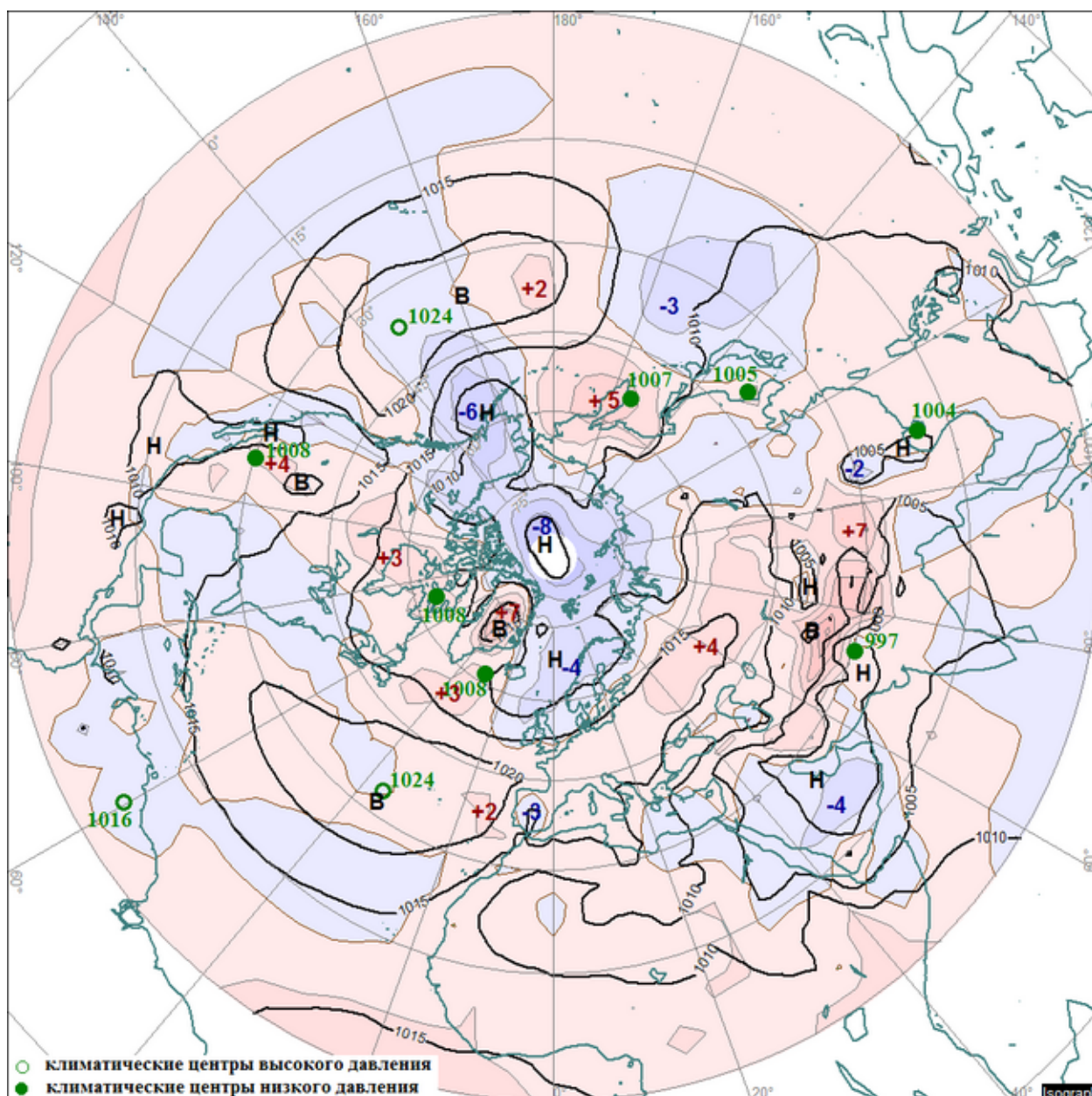


Рис.2.4. Карта давления и аномалий давления на уровне моря (гПа). Август 2017 г.

Циклоны смещались к полюсу не только из северной Атлантики, но и с севера Сибири и с Аляски, и в итоге на среднемесячной карте вблизи полюса, вопреки обыкновению, сформировался самостоятельный глубокий циклонический центр, а аномалии давления составили -8 гПа. Под влиянием атлантических циклонов оставались Британские острова. Кроме того, Скандинавские страны, районы Прибалтики. Под влиянием все тех же атлантических циклонов находился север ЕТР и Западная Сибирь. Если

проанализировать рис.2.4, то можно заметить, что в этих районах сформировался В этих районах август был холоднее обычного, а осадков выпадало больше нормы: местами их месячные суммы более чем в два раза превысили норму. Пиренейский п-ов подвергался воздействию атмосферных фронтов. В этом районе даже сформировался очаг низкого давления (см. рис.2.4). Его величина равно -3 гПа. Количество осадков в центральных и южных районах Испании и на северо-западе Африки было значительно больше климатических норм.

2.2. Анализ особенностей атмосферной циркуляции весной 2020 года (март)

Если проанализировать положение околполярного вихря в стратосфере в марте (на уровне АТ-10), то можно отметить его практически климатическое положение. Но аномалии геопотенциала очень велики. Они составили -90 дам в среднем за март. Это соответствует зимним аномалиям. При анализе осредненных за март значений геопотенциала поверхности АТ-500 (см. рис.2.5) можно констатировать факт повсеместного повышенного фона геопотенциала. Данные положительные аномалии, скорее всего, были связаны с интенсивными блокирующими тихоокеанскими гребнями высокого давления. Как показывают данные рис.2.5., в районе Алеутских островов аномалии геопотенциала составили здесь +24 дам. Тоже самое можно отметить и в субтропической зоне. В районе Азорских островов аномалии составили +9дам, а на западе Казахстана аномалии достигали величины +11 дам. Положительные аномалии геопотенциала отмечались и в тропической зоне. Эти значения достигали величины от +4 до +6 дам.

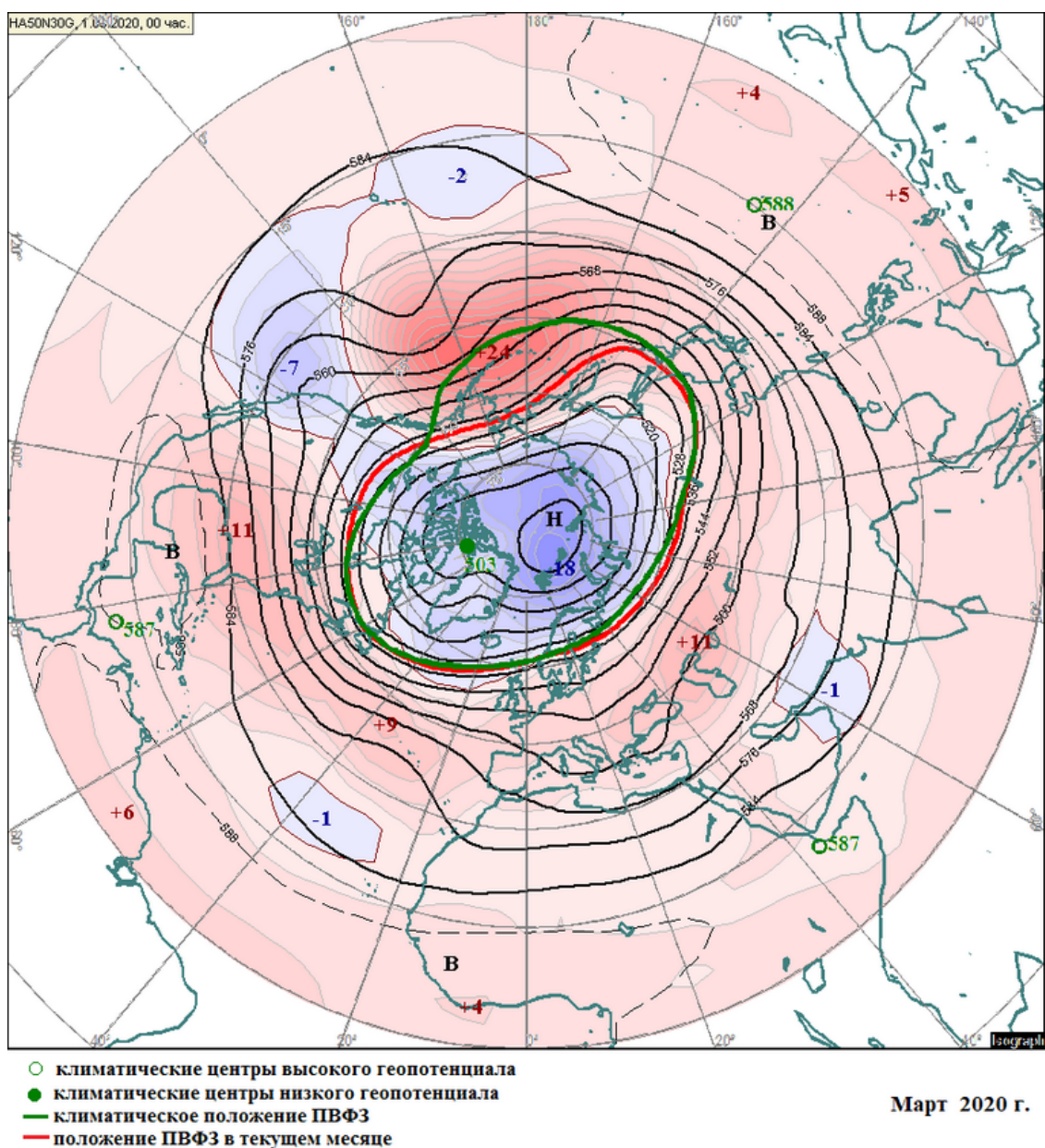


Рис.2.5 Карта геопотенциала и аномалий геопотенциала АТ-500 (дам). Март 2020 г.

На осредненных за месяц данных приземного давления (рис.2.6) видно, что, в целом, Азорский максимум был более обширным и интенсивным, чем обычно. При анализе рис.2.6. видно, что центр антициклона был смещён к северо-востоку. Сформировались аномалии приземного давления на севере Европы и в ее центральной части. Эти аномалии достигали значений +3 гПа. Кроме того, отмечался дефицит осадков, как на юго-востоке Европы, так и на юге ЕТР. Именно в тех

регионах преобладала погода, характерная для антициклона. В выше названных регионах погоду обуславливали гребни высокого давления, которые были связаны с ЦДА - Азорским максимумом. А вот в северных регионах Скандинавии, на севере ЕТР под влиянием атлантических циклонов наблюдалось избыточное выпадение атмосферных осадков. Что касается температура воздуха, то на бóльшей части территории Европы она была близка к норме. Может быть и немного выше нормы. А в Восточной Европе, которая оказалась под влиянием постоянных адвекций тепла с юга и антициклональной погоды, температура марта оказалась значительно выше обычной. Наибольшие аномалии сформировались на юге ЕТР (более $+8^{\circ}\text{C}$) и в Архангельской области (более $+7^{\circ}\text{C}$). В третьей главе будет подробно описан антициклон третьей декады марта.

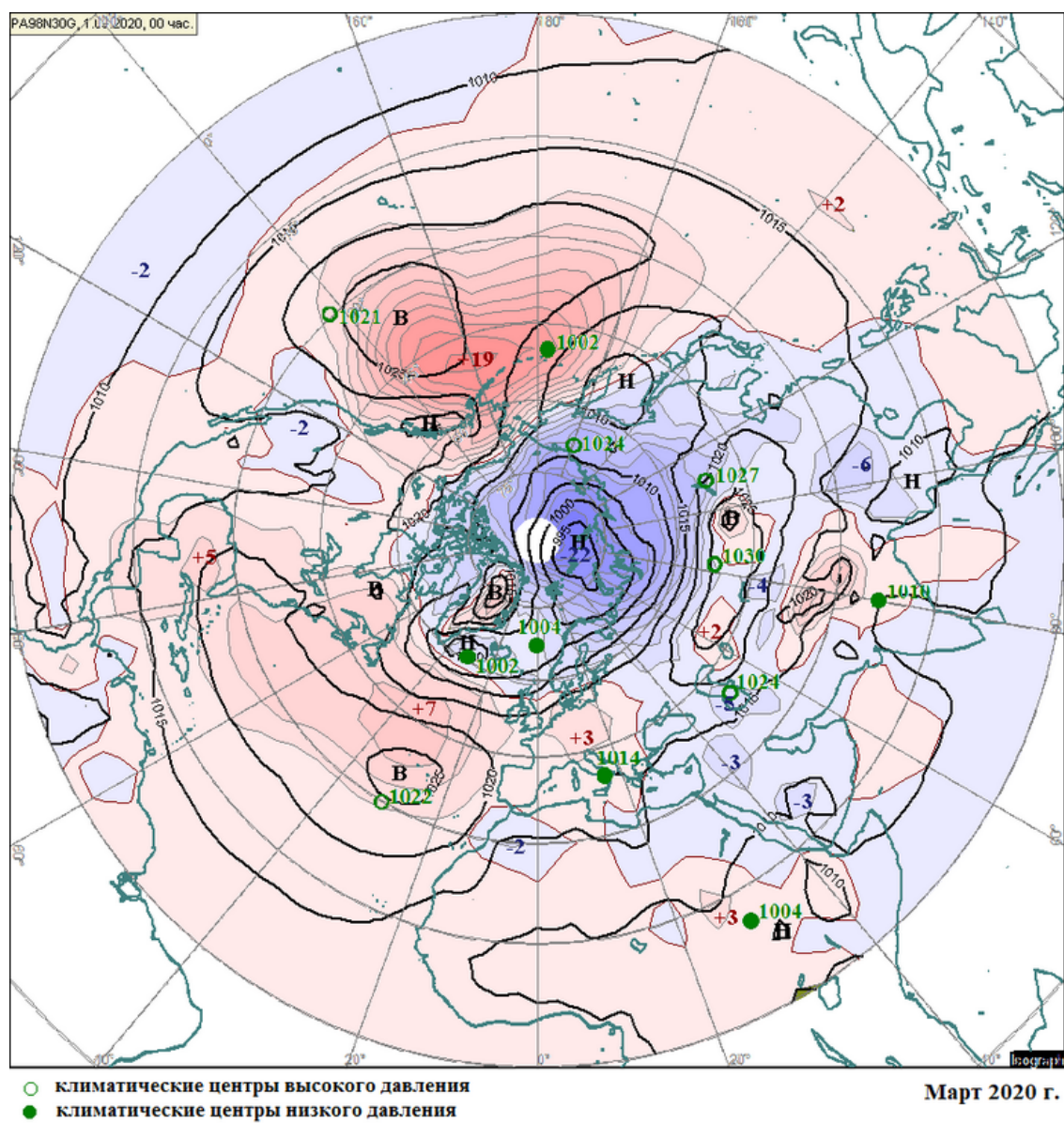


Рис.2.6 Карта давления и аномалий давления на уровне моря (гПа). Март 2020 г.

3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗВИТИЯ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ФРОНТАЛЬНЫХ АНТИЦИКЛОНОВ. АВГУСТ 2017 Г МАРТ 2020 .

В данном разделе представлен обзор характеристик отдельных антициклонов за весну 2020 года и лето 2017 года. Особое внимание обращается на траектории их перемещения и характеристику погоды при прохождении антициклонов. Для этой цели использованы приземные карты сайта.[3] Они представлены в приложении.

3.1 Анализ антициклона с 12 августа по 22 августа 2017.

На севере Атлантического океана, вблизи побережья Азорских островов находится Азорский максимум. Это один из центров действия атмосферы. Именно по этой причине в этой части атмосферы северного полушария почти постоянно располагаются крупномасштабные атмосферные вихри с повышенным атмосферным давлением. Данные антициклоны очень часто порождают новые, более подвижные барические образования, которые начинают смещаться в сторону Европейского континента. Для примера возьмём антициклон, который действовал над Европой и ЕТР в период с 12 по 22 августа 2017 года. Подробно рассмотрим его траекторию. Так июнь 2017 года над Европой и ЕТР были дождливым и прохладным, то мы выбрали именно августовский антициклон. Тем более, что во второй главе мы говорили о том, что «европейские тропосферные гребни наиболее интенсивны были во второй декаде августа над Центральной и Восточной Европой.»

На рис.3.1. представлена траектория этого антициклона.

12 августа в 18 UTC образовался вторичный антициклон, который отделился от более крупного антициклона в районе северного побережья Азорских островов. Он имел одну замкнутую изобару. Давление в центре составляло 1025 гПа. Антициклон довольно быстро смещается на восток. Это

связано с тем, что антициклон находился на циклонической стороне ВФЗ, в которой отмечались большие градиенты геопотенциала.

13 августа в 18 UTC антициклон находится над территориями стран западной Европы. Туда он принес тёплую и ясную погоду. Центр антициклона находится на границе Бельгии Германии и Люксембурга. Давление в центре 1025 гПа. Как происходит перемещение антициклона дальше? Проследим за его перемещением.

14 августа антициклон продолжает смещаться на восток. К 12 UTC его центр окружен двумя замкнутыми изобарами 1020 и 1025 гПа. На давление в центре не меняется. Центр антициклона, как и весь антициклон, смещается к южному побережью Балтики. К 18 UTC центр антициклона находится над территорией северной Польши и Калининградской областью России. Давление в его центре продолжает оставаться равным 1025 гПа. Если говорить о каких-то погодных явлениях, то в его центральной части можно наблюдать дымку.

15 августа антициклон смещается всё дальше на северо-восток, достигает стран Балтии и северо-запада России. Как обычно, именно в летние месяцы в антициклоне наблюдается малооблачная погода. К 12 UTC центр уже располагается над территорией Ленинградской области. Давление в центре уже немного выросло и достигло величины 1027 гПа.

16 августа антициклон остается над территориями северо-запада и центра ЕТР. Здесь наблюдается теплая погода. Облачность незначительная. Максимальное давление в центре, который находится над территорией Вологодской области, составляет 1030 гПа. Движение антициклона замедляется, он становится малоподвижным.

17 августа антициклон продолжает свое медленное смещение на восток. К 06 UTC центра антициклона находится над Кировской областью. Давление в центре остается в пределах 1030 гПа.

18 августа центр достигает района Уральский гор. Антициклон прекратил свое перемещение.

С 19 по 22 августа антициклон остается стационарным. Он оказывает влияние на ЕТР вплоть до прихода на её территорию циклона, приносящего в регион грозовую погоду. Антициклон же перемещается за Урал. Данный антициклон оказался довольно масштабным и мощным, так как смог за короткий срок переместиться от западного побережья Европы до Уральских гор. Он охватил всю северную и центральную Европу, а так же почти всю ЕТР.

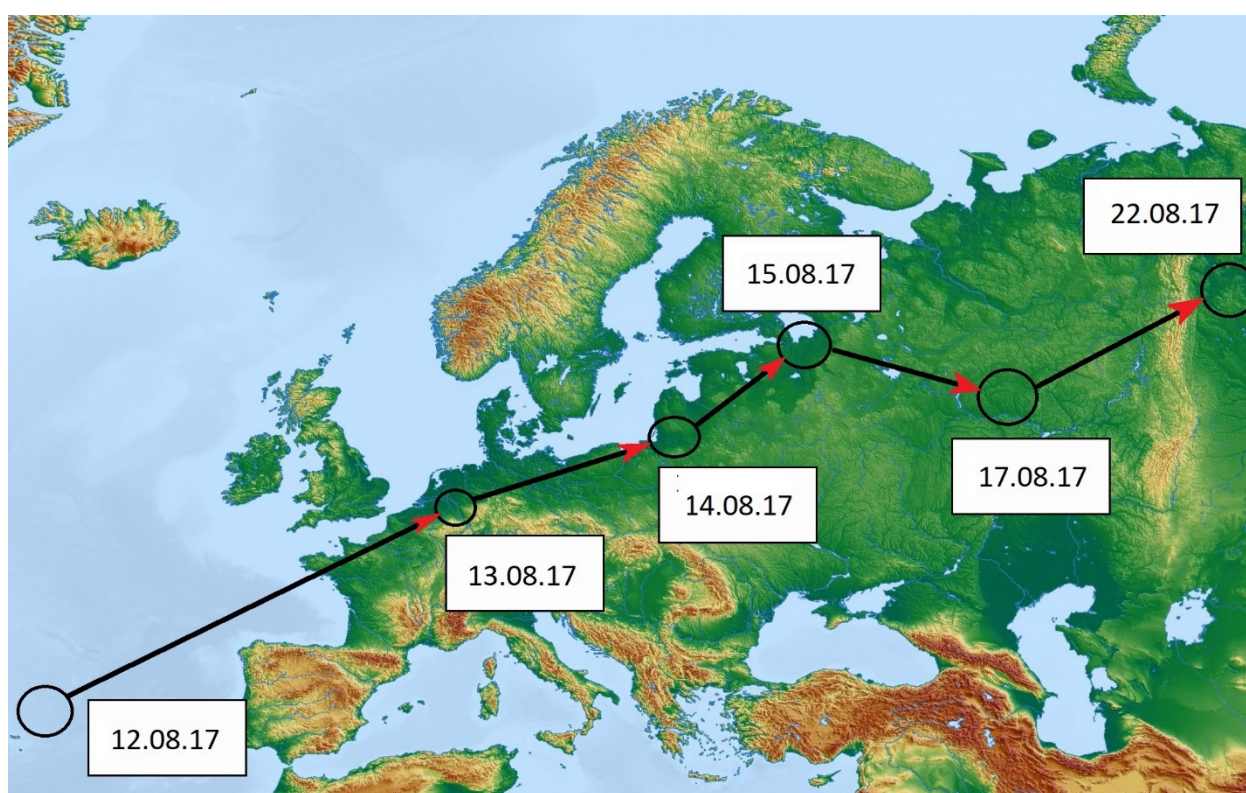


Рис.3.1.Траектория движения антициклона

Если говорить о том, по какому типу траекторий перемещался этот антициклон, то можно сделать вывод о том, что он, являясь отрогом Азорского максимума, перемещался с юго–запада на северо-восток.

3.2. Анализ антициклона 4-8 марта 2020 года

Выбор марта месяца 2020 года для анализа антициклонов весной не

случаен. Как отмечалось во второй главе, в этом месяце отмечался повышенный фон атмосферного давления у Земли и на высотах.

На рис.3.2 представлена траектория движения мартовского антициклона.

4 марта антициклон, образованный у побережья Северной Америки, начинает движение над Атлантикой в сторону Европы. Давление в центре составляет 1030 гПа. 5-6 марта антициклон достаточно быстро продолжал свое движение на восток. Давление в центре составило 1035 гПа.

7 марта в 00 UTC антициклон достигает западного побережья Пиренейского полуострова.

8 марта мы можем наблюдать следующую картину. От антициклона в сторону центра Европы начинается формироваться гребень высоко давления. (см. рис.1 в Приложении). Его ось направлена на северо-восток. На оси гребня давления достигает величины 1025 гПа.

9 марта происходит ослабление гребня антициклона и он перестает существовать.

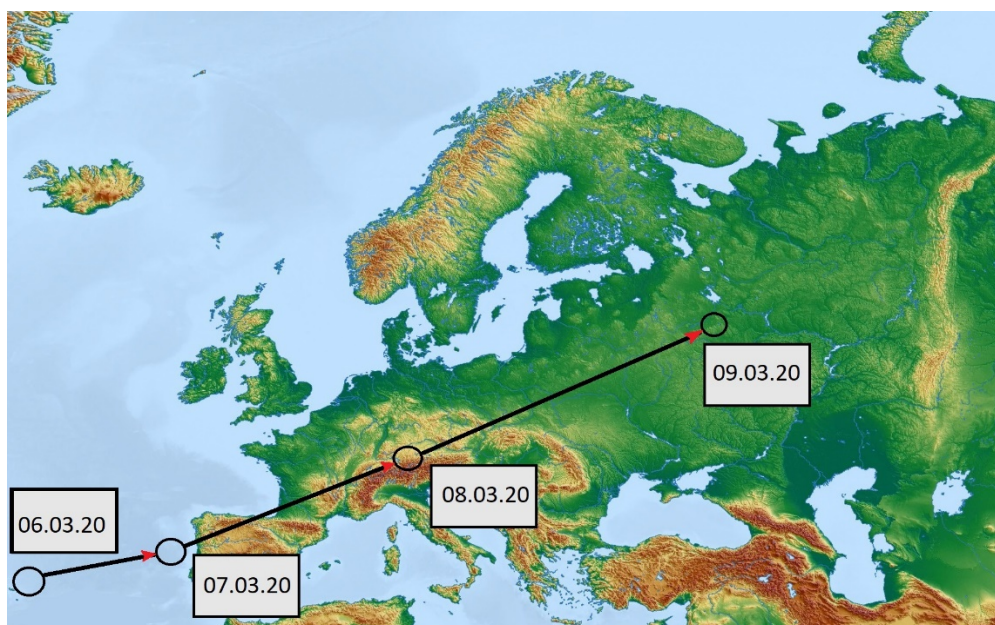


Рис. 3.2. Траектория антициклона 6-8 марта 2020.

Говорить о том, что данный антициклон был блокирующим, не представляется возможным, так как он существовал короткое время, и его давление в центре не было достаточно высоким. Погода в тех районах, через которые проходил антициклон, соответствовала обычной мартовской погоде при антициклонической циркуляции. Можно отметить дефицит осадков в южной и Центральной Европе. Однако на северной периферии этого барического образования располагался очень мощный циклон. Он определял погоду на севере Европы и над СЗ ЕТР. Как отмечено в [5], в Карелии в марте 2020 года, было очень дождливо. За месяц выпало максимальное количество осадков в Санкт-Петербурге. Сумма осадков за март была самой большой за последние 25 лет. Очень сильные дожди прошли на севере центрального района.

3.3 Анализ антициклонов за 12 по 17 марта и с 20 марта по 30 марта 2020

Теперь разберем с блокирующими антициклонами, которые имели место в третьей декаде марта 2020 года. О приближении этого антициклона было предупреждение от ведущих синоптиков ГМЦ России. Блокирующий антициклон нарушает западно - восточный перенос в тропосфере, поэтому он в определенной степени препятствует перемещению

циклонов с запада на восток. [7] Именно блокирующие системы вызывают существенные аномалии метеорологических величин на больших территориях. Западные квазистационарные антициклоны имеют в основном смещение с запада на восток. Разберем траекторию данного барического образования. Она сложная, поэтому разобьем ее на две части. Данный блокирующий антициклон сформировался в период с 12 по 13 марта. Его траектория представлена на рис. 3.3.

14 марта отрог антициклона занимают практически все территорию Европы. На его оси давление равно 1025 гПа. 15 марта антициклон продолжает

движение вглубь Европы. Центр антициклона располагается над территорией Польши. Давление в центре составляет 1030 гПа.

16 марта. Антициклон поворачивает в сторону Карпатских гор. Центр антициклона находится над территорией восточной Румынии. К 06 UTC давление в центре начинает повышаться и достигает величины 1035 гПа.

17 марта. Антициклон движется в сторону Балканского полуострова. Центр с давлением в 1035 гПа находится над северной Грецией.

18 марта. Данный антициклон практически разрушен. Но в северной Атлантике возник новый центр, который продолжает свое влияние на погодные характеристики Европейского континента.

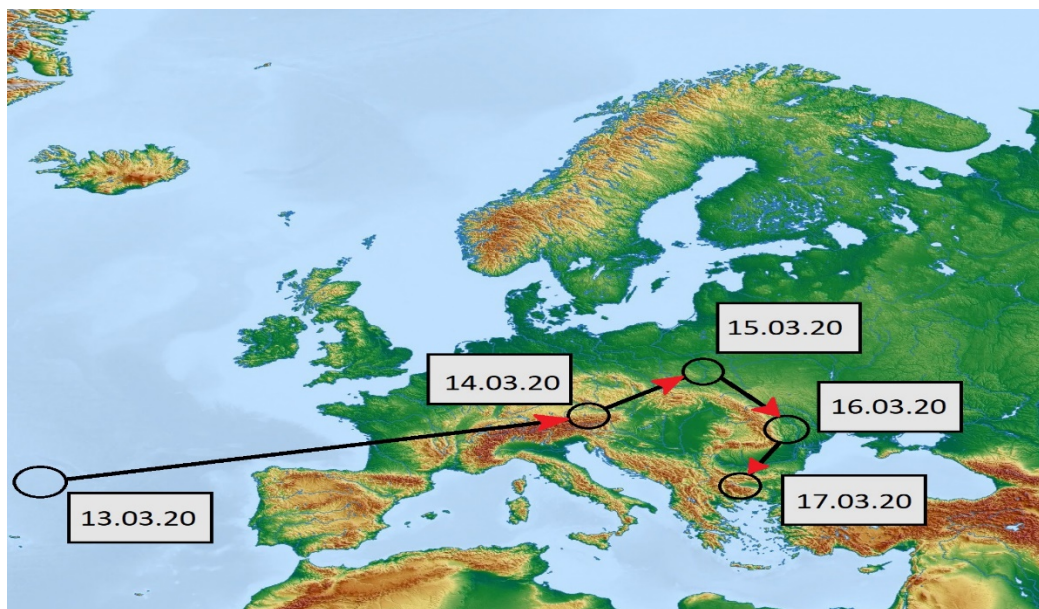


Рис.3.2. Траектория антициклона 13 марта по 17 марта 2020 года.

Рассмотрим его траекторию, начиная с 18 марта. На рис.3.3 представлена его траектория, начиная с 20 марта.

Именно 20 марта это барическое образование достигает побережья севера Великобритании. Он очерчен двумя замкнутыми изобарами. Это достаточно высокое барическое образование. Оно прослеживается уже на изобарической поверхности 500гПа и имеет квазивертикальную ось. Давление в центре составляет 1035 гПа. Что происходит с этим крупномасштабным вихрем

далее?

21 марта давление в антициклоне продолжает расти, и достигает в центр величины 1040 гПа. Центр этого антициклона находится над южной Норвегией.

Именно 22 марта антициклон становится стационарным. Он уже очерчен четырьмя замкнутыми изобарами. Его центр расположен над Балтийским морем. Давление в центре составляет 1040 гПа. Антициклон блокирует западно-восточный перенос. В связи с этим, циклонические образования имеют особенную траекторию. Они как бы «обходят» высокий антициклон и перемещаются с юга на север.

23-24 марта начинается медленное смещение антициклона на юг.

25 марта центр антициклона находится над территорией Беларуси.

25-26 марта антициклон продолжал находиться в стационарном положении.

27 марта начинается движение на восток. К 06 UTC центр перемещается на территорию Псковской области России. К 18 UTC он уже над Поволжьем.

28-30 марта антициклон уходит в сторону Казахстана.

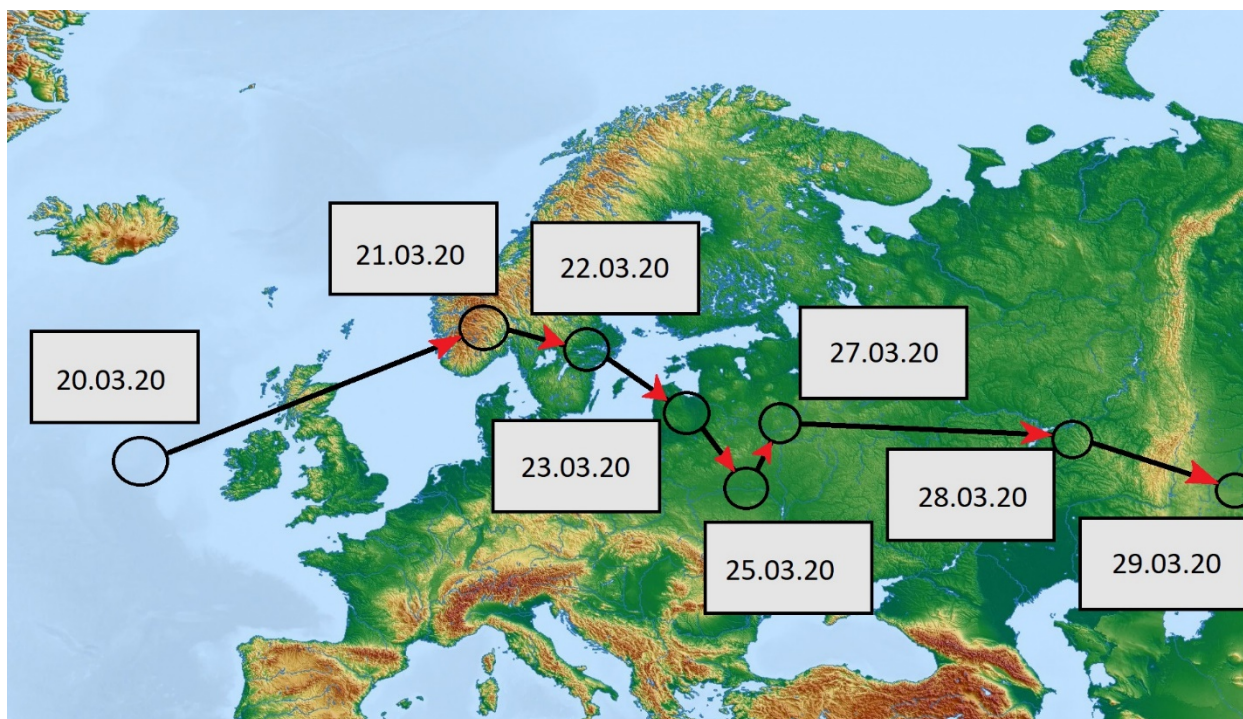


Рис.3.3. Траектория движение антициклона с 20 марта по 29 марта 2020 г.

Какая погода наблюдалась на территории центральной России при установлении блокирующего антициклона? По словам научного руководителя Гидрометцентра РФ Романа Вильфанда «...будет наблюдаться очень большая амплитуда температуры.» Ночное выхолаживание приведет к понижению температуры вследствие малооблачной погоды. ГМЦ прогнозировал ночную температуру в интервале -5 и даже -10 градусов.

Зато днем воздух прогреется до положительных значений. Поэтому начнется хороший прогрев воздуха. Температура уже может достигать значений +5 и даже +10 градусов. Прогнозы ГМЦ оправдались. В конце марта дневная температура в Москве и Московской области достигала значений +12-+15 градусов. Если говорить обо всей европейской территории России, то март 2020 года можно считать одним из самых теплых месяцев в истории метеонаблюдений. Такой же аномальный март был и Поволжье и в Южном Федеральном округе.

Заключение

По представленной выпускной квалификационной работе можно сделать основные выводы.

1. Возникновение и развитие фронтальных антициклонов тесно связано с высотными фронтальными зонами.
2. Благоприятными условиями для антициклогенеза являются
 - а) Отрицательная адвекция вихря скорости в средней атмосфере,
 - б) Положительное значение дивергенции скорости ветра у земли
 - в) Увеличение во времени лапласиана средней температуры слоя.
3. Выделяют четыре стадии развития антициклона
 - начальная стадия (стадия волны);
 - молодой антициклон;
 - антициклон максимального развития;
 - ослабление разрушение антициклона;
4. Регенерация антициклона осуществляется в случае адвекции холодного воздуха в его переднюю часть, или адвекции тепла в его тыл.
5. В средней тропосфере (на уровне АТ-500) в осредненном за июль 2017 года поле геопотенциала в высоких широтах отмечались области повышенного значения геопотенциала. Гребни формировались над Восточной Европой, ЕТР и над Уралом. Под их влиянием находились области севера России, и даже о. Новая Земля.
6. В средней тропосфере в августе также наблюдались области повышенных значений геопотенциала поверхности 500гПа. Самые значительные из них отмечались на юге ЕТР (до +10 дам), на севере Камчатки (до +12 дам) и на севере Канады (до +11 дам).

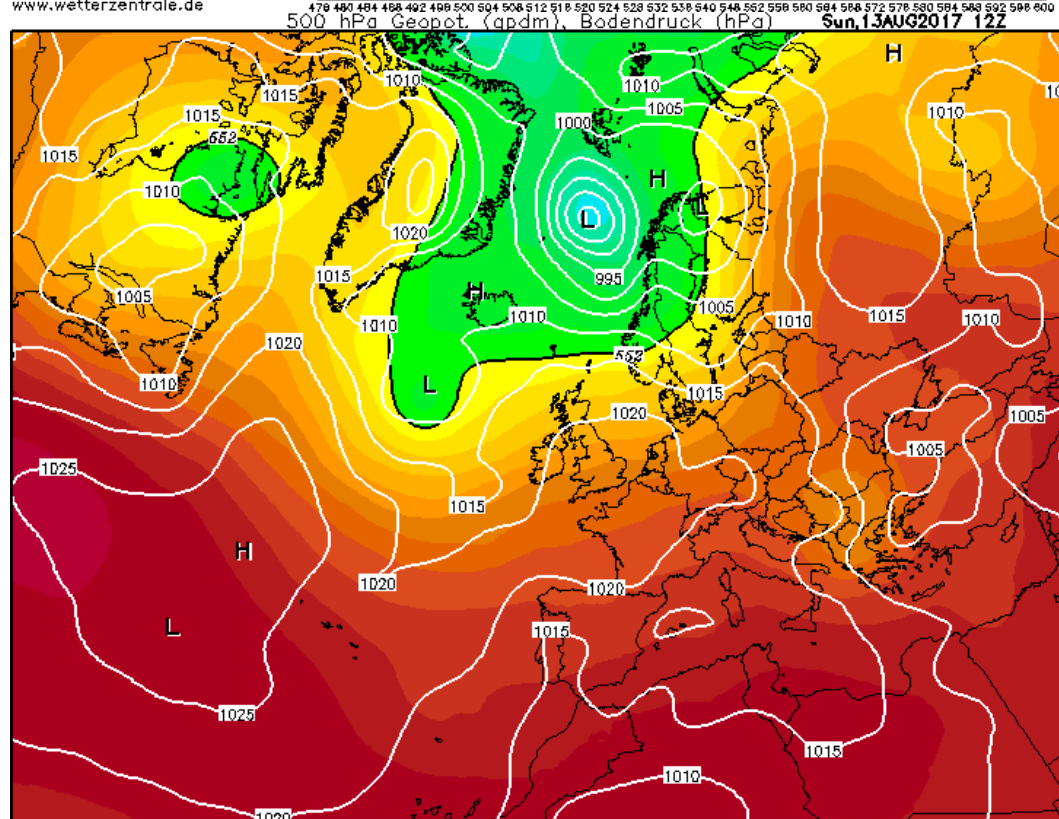
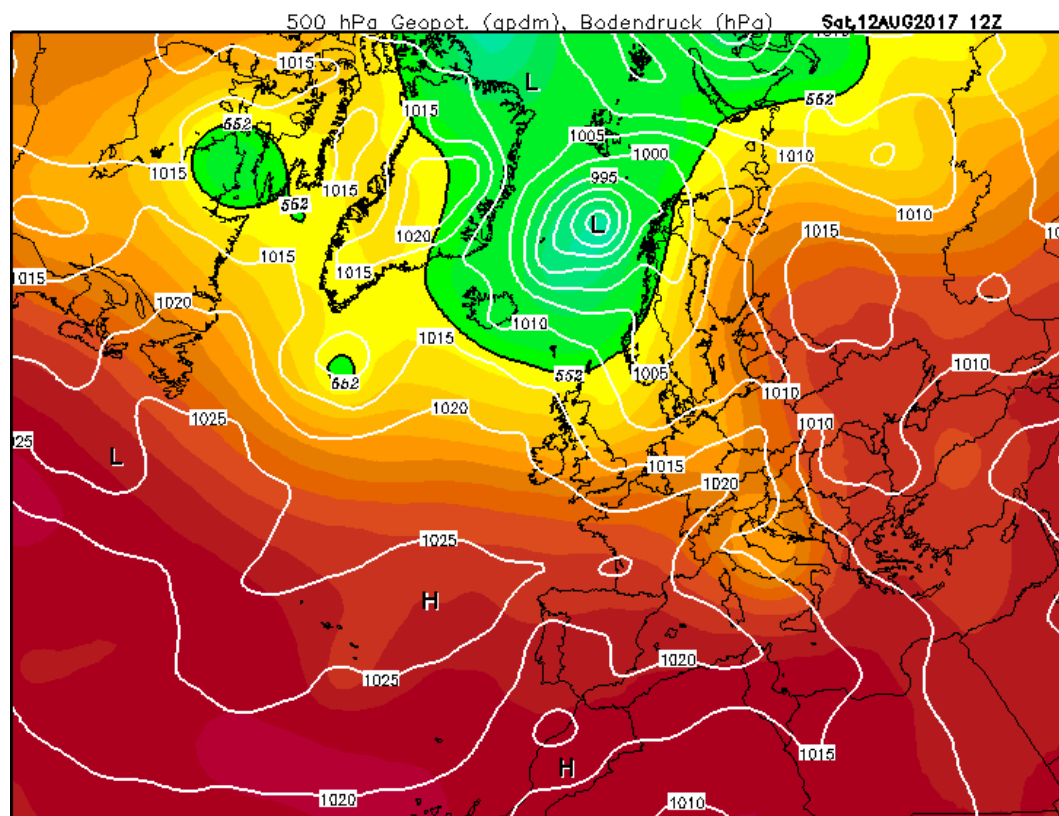
7. В осредненном за август месяц 2017 года поле приземного давления можно отметить, что влияние Азорского максимума, особенно в первой половине месяца, простиралось далеко на восток. Обширная область положительных аномалий давления от +2 до +4 гПа занимала практически всю Европу, Урал и южную половину Западной Сибири.
8. Исландский минимум был значительно смещен к востоку на Норвежское море. Аномалии давления составили -4 гПа.
9. При анализе осредненных за март 2020 года полей приземного давления можно отметить, что наибольший дефицит осадков отмечался на юго-востоке Европы и на юге ЕТР, где преобладала антициклональная погода, связанная с восточными гребнями азорского антициклона.
10. В Восточной Европе под влиянием постоянных южных адвекций и антициклональной погоды температура марта оказалась значительно выше обычной. Наибольшие аномалии сформировались на юге ЕТР (более +8°C) и в Архангельской области (более +7°C).
11. Анализ антициклона над Европейской территорией России за 12 августа по 22 августа 2017 года показал, что он, являясь отрогом Азорского максимума, перемещался с юго-запада на северо-восток и прошел все стадии своего развития.
12. Антициклон второй половины марта 2020 года имел все свойства блокирующего барического образования.
13. Если говорить обо всей европейской территории России, то март 2020 года можно считать одним из самых теплых месяцев в истории метеонаблюдений. Такой же аномальный март был и Поволжье и в Южном Федеральном округе.

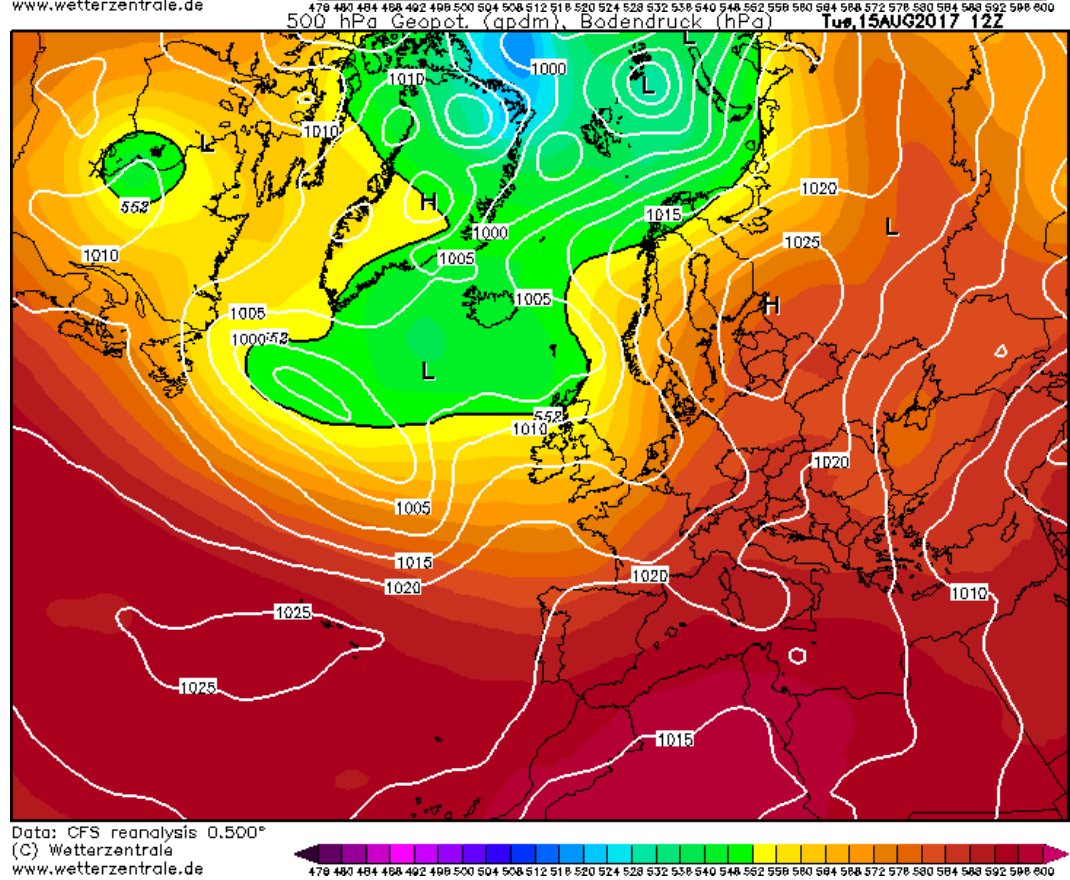
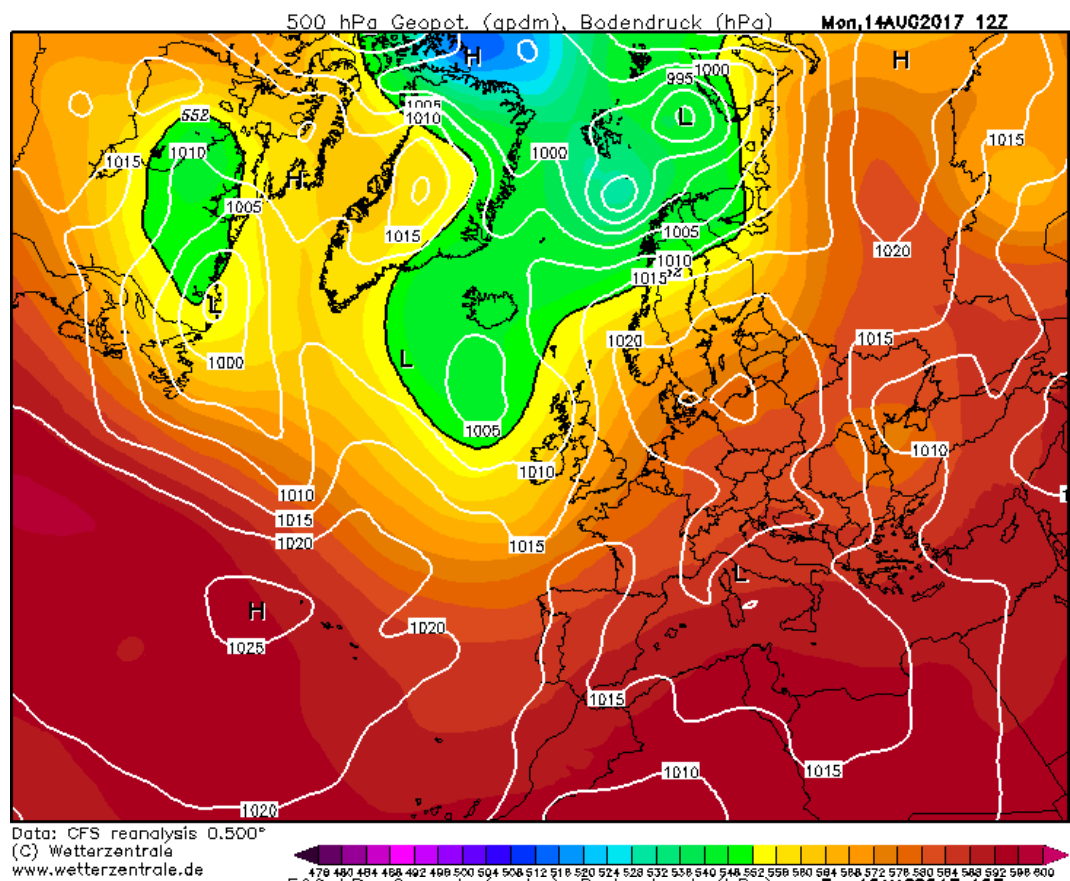
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

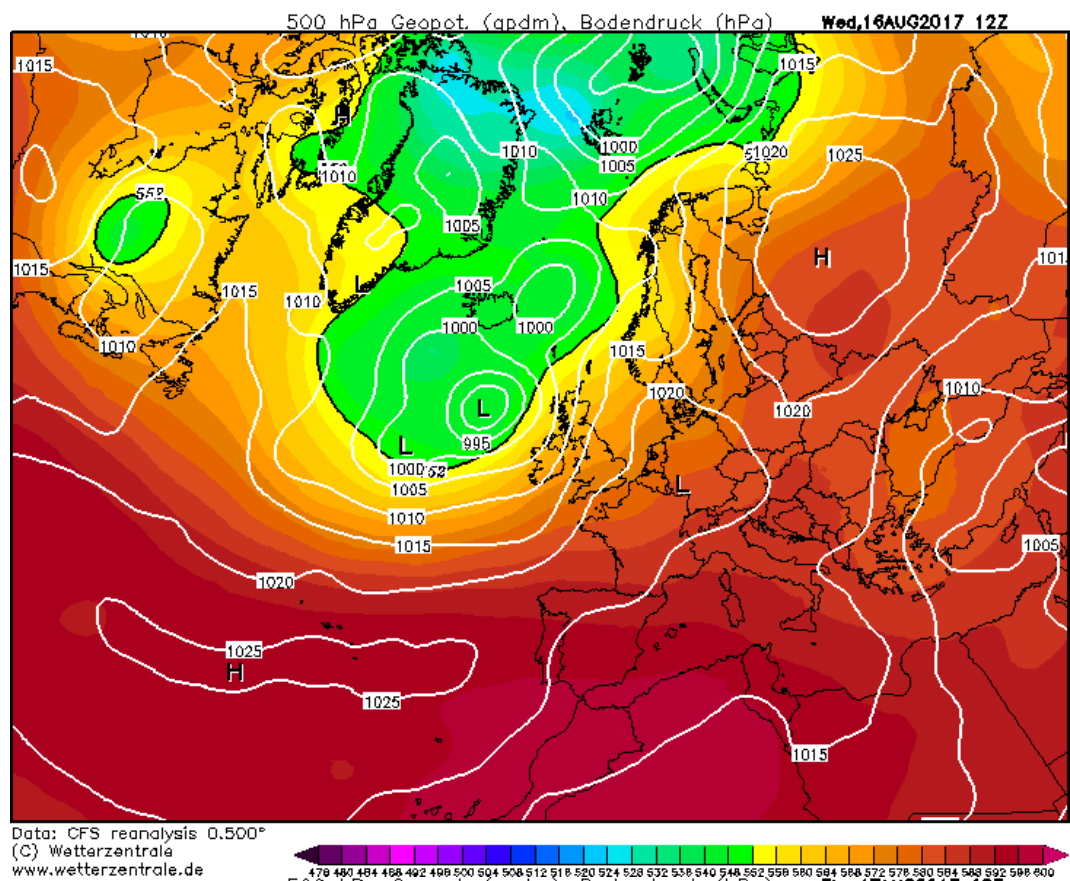
1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология [Текст] /. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991г. – 616 с.
2. Зверев А.С. Синоптическая метеорология [Текст] /. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977г. – 711 с.
3. Архив данных <https://www.wetterzentrale.de>
4. <https://meteoinfo.ru/>

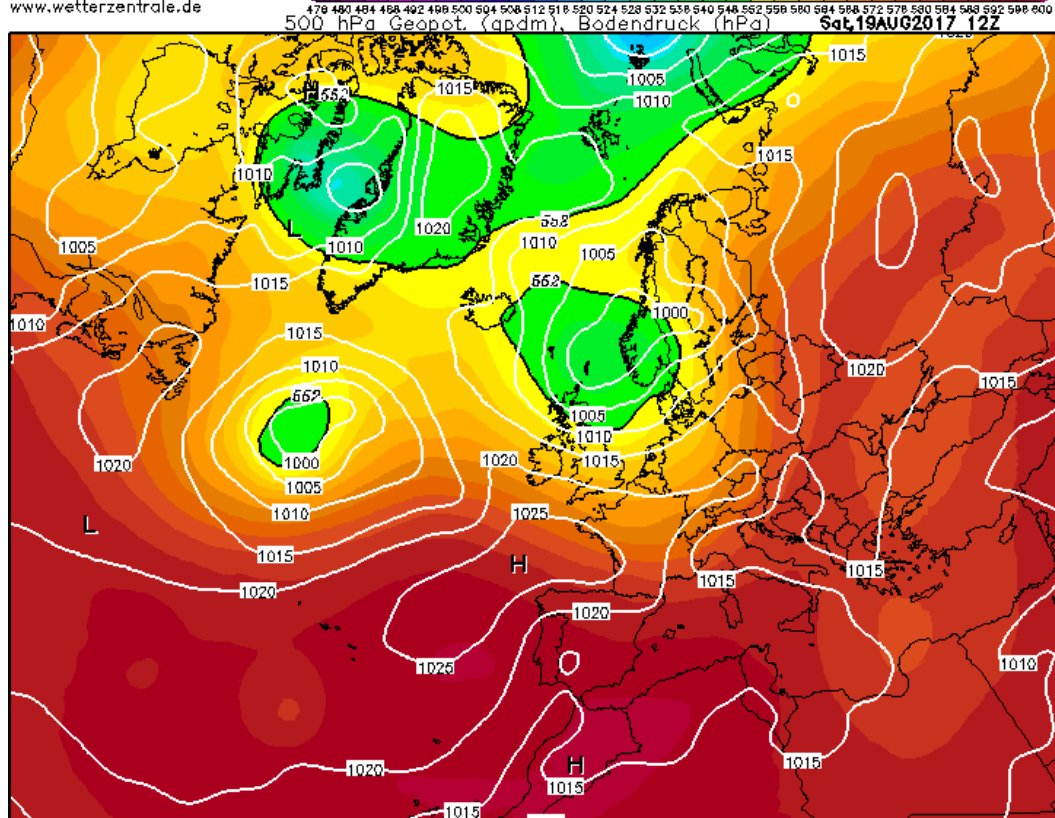
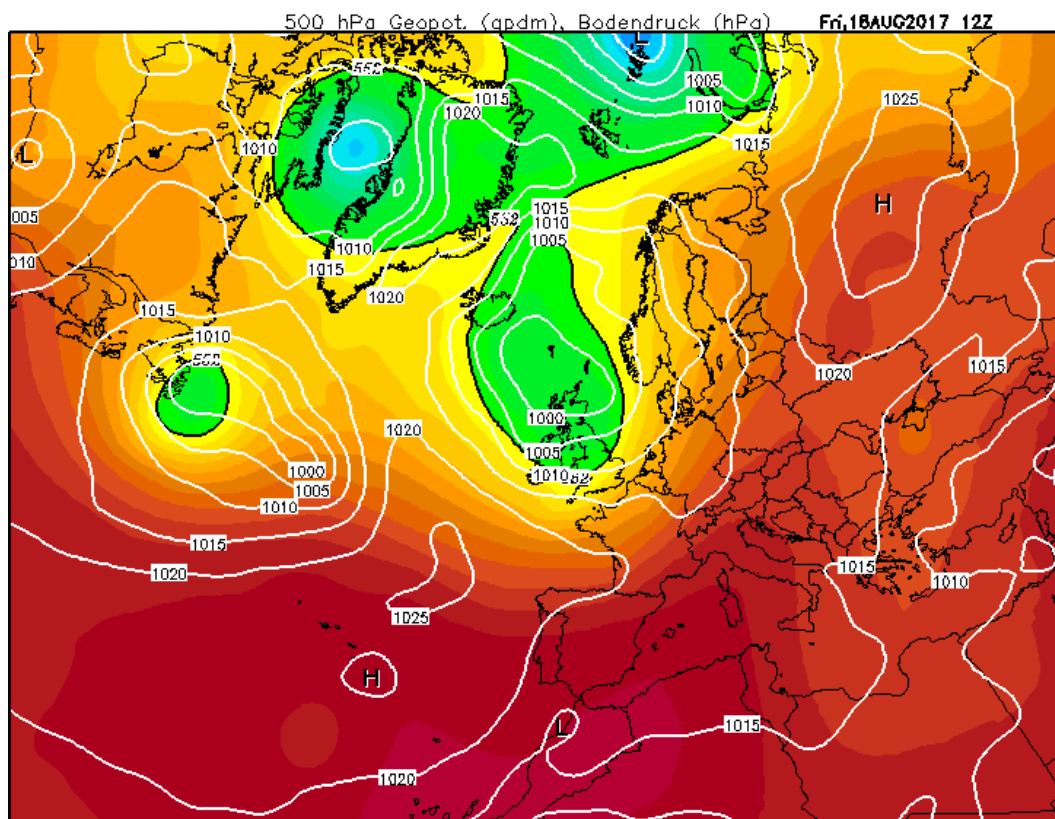
ПРИЛОЖЕНИЕ А

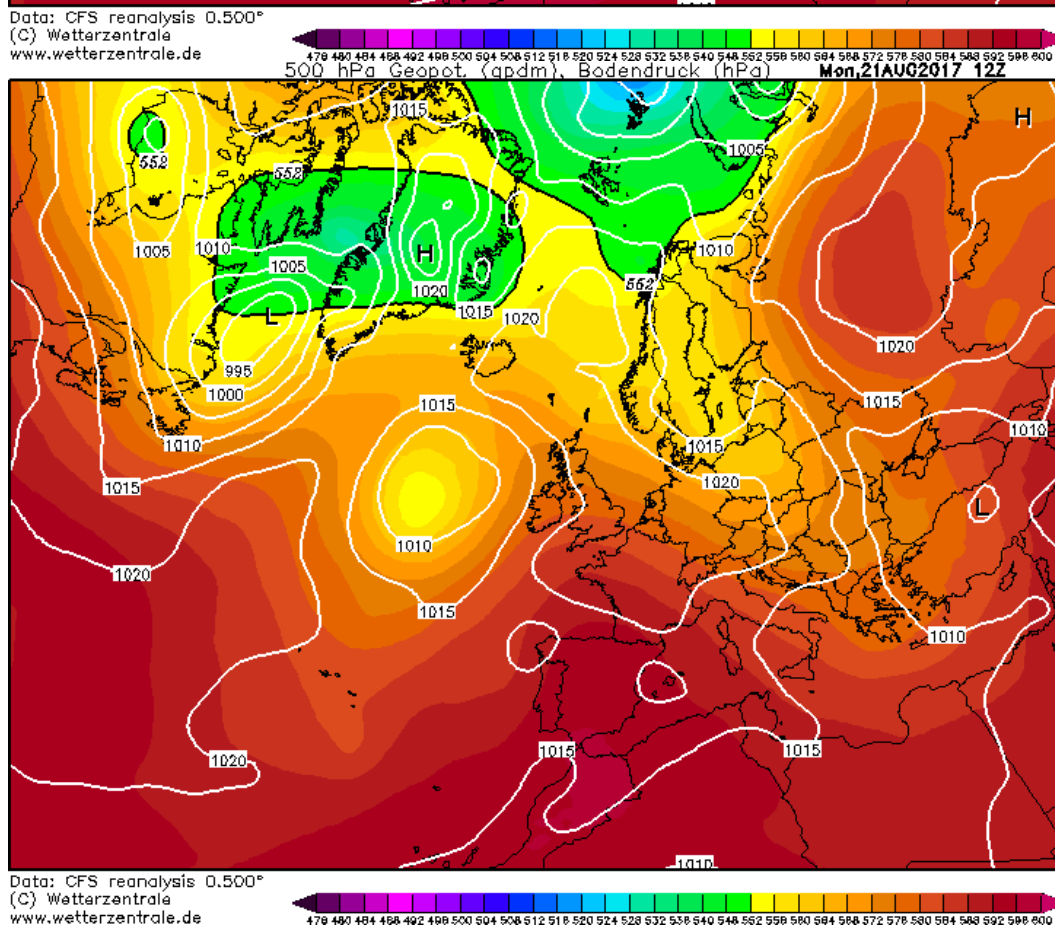
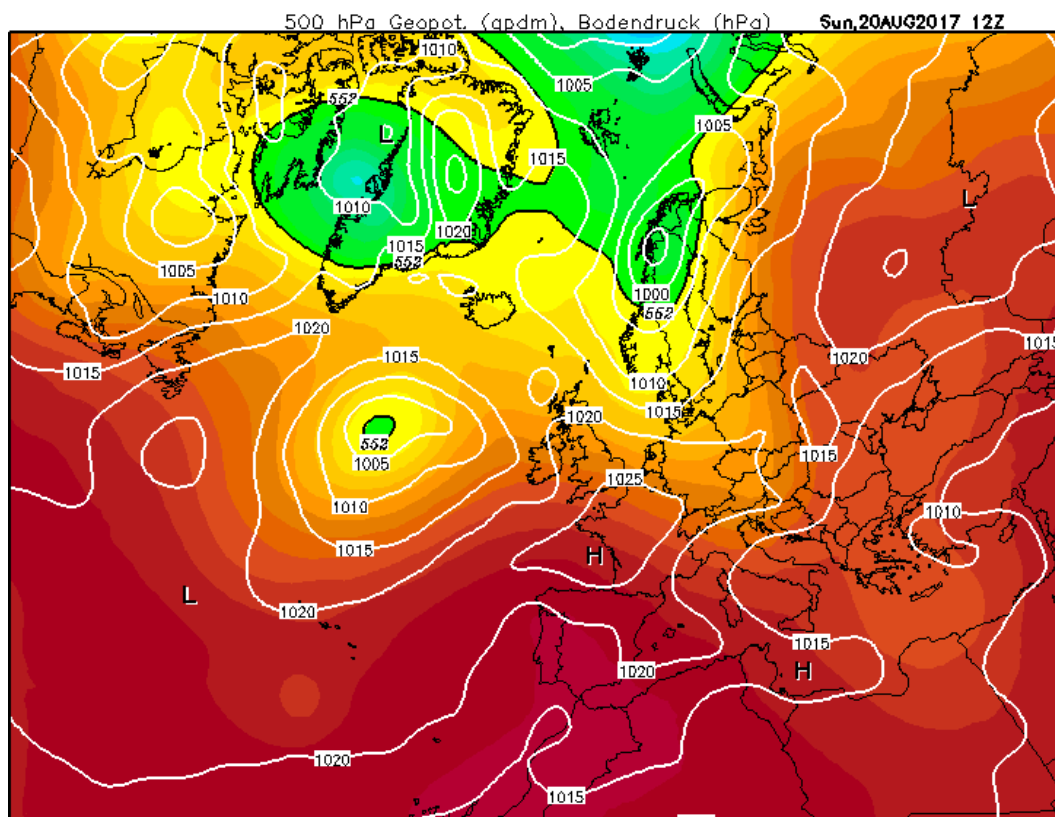
Приземные карты антициклона с 12 августа по 22 августа 2017

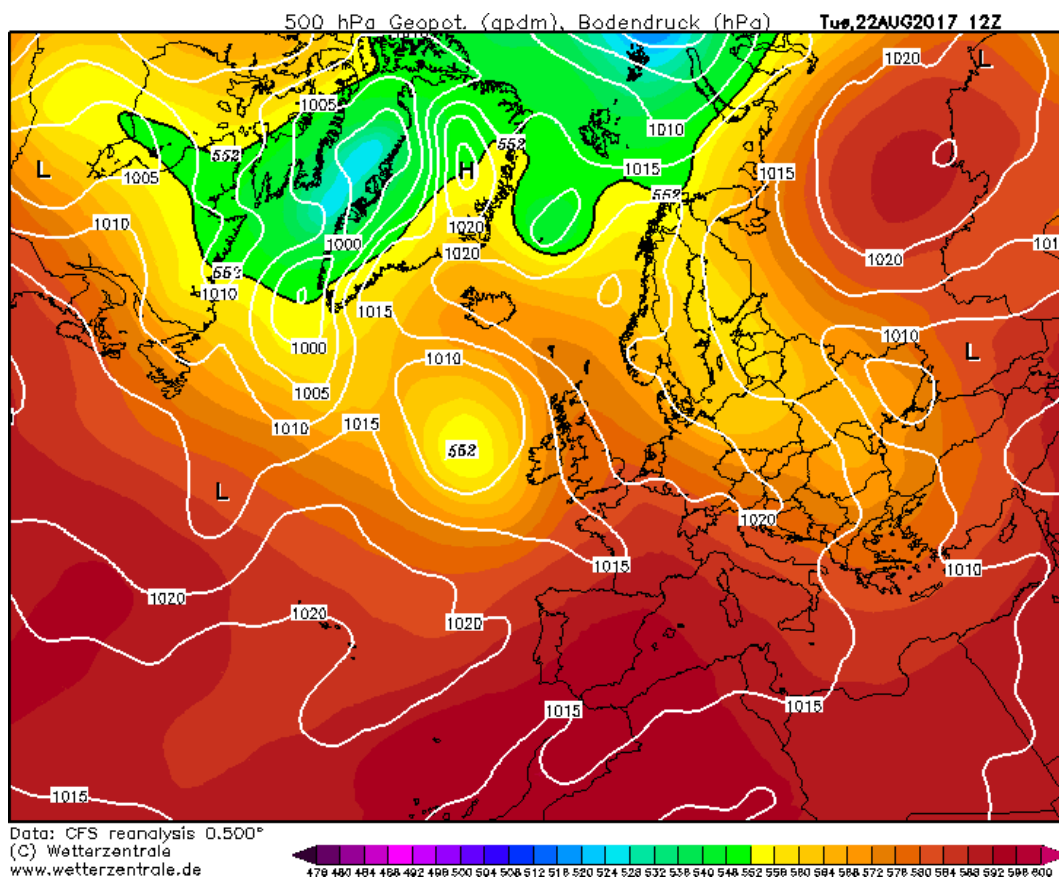






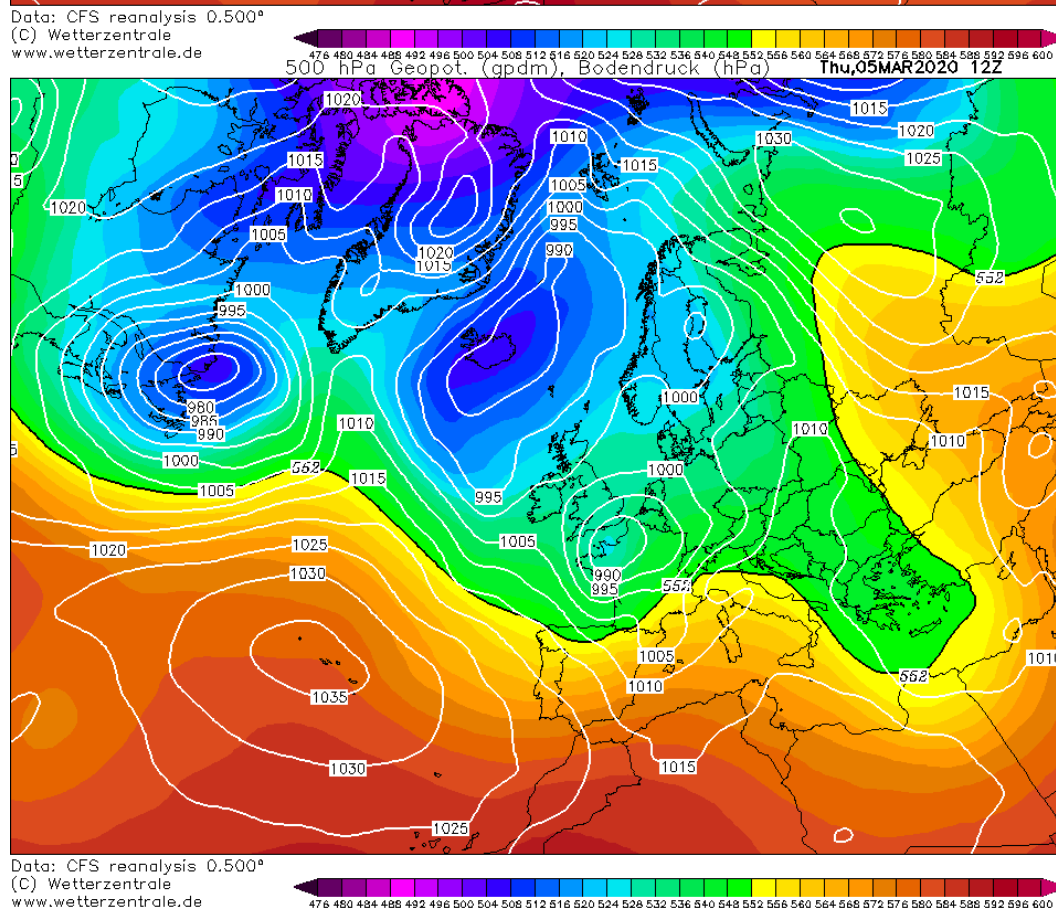
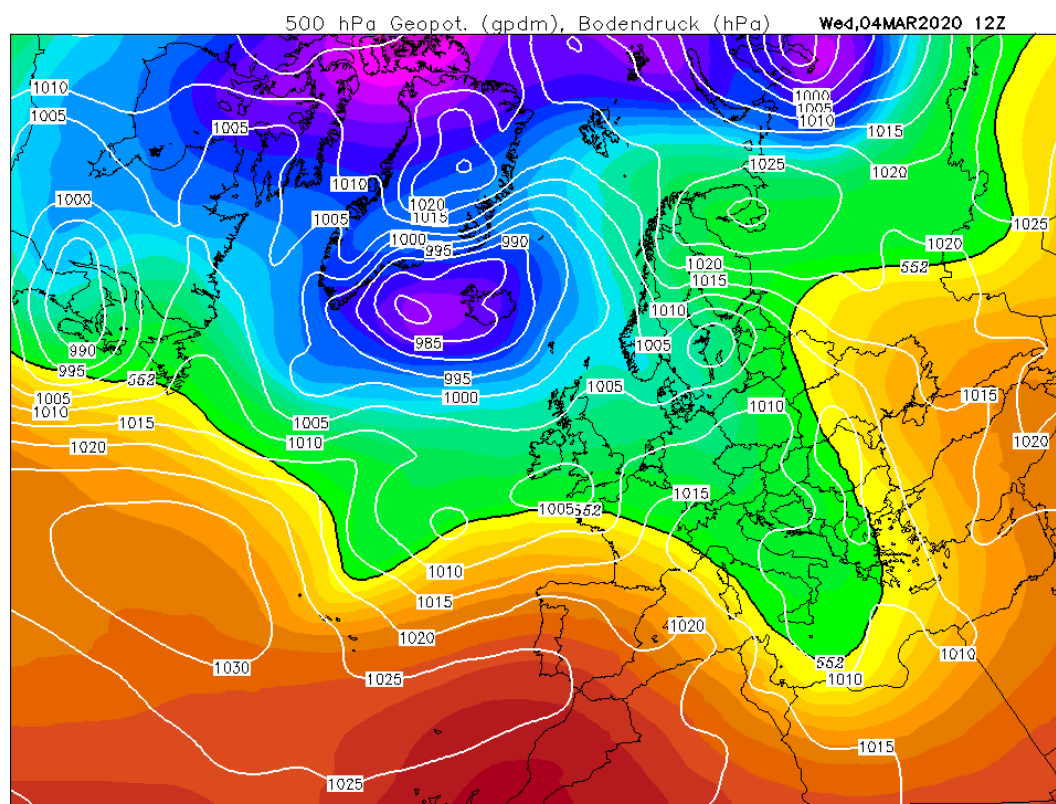


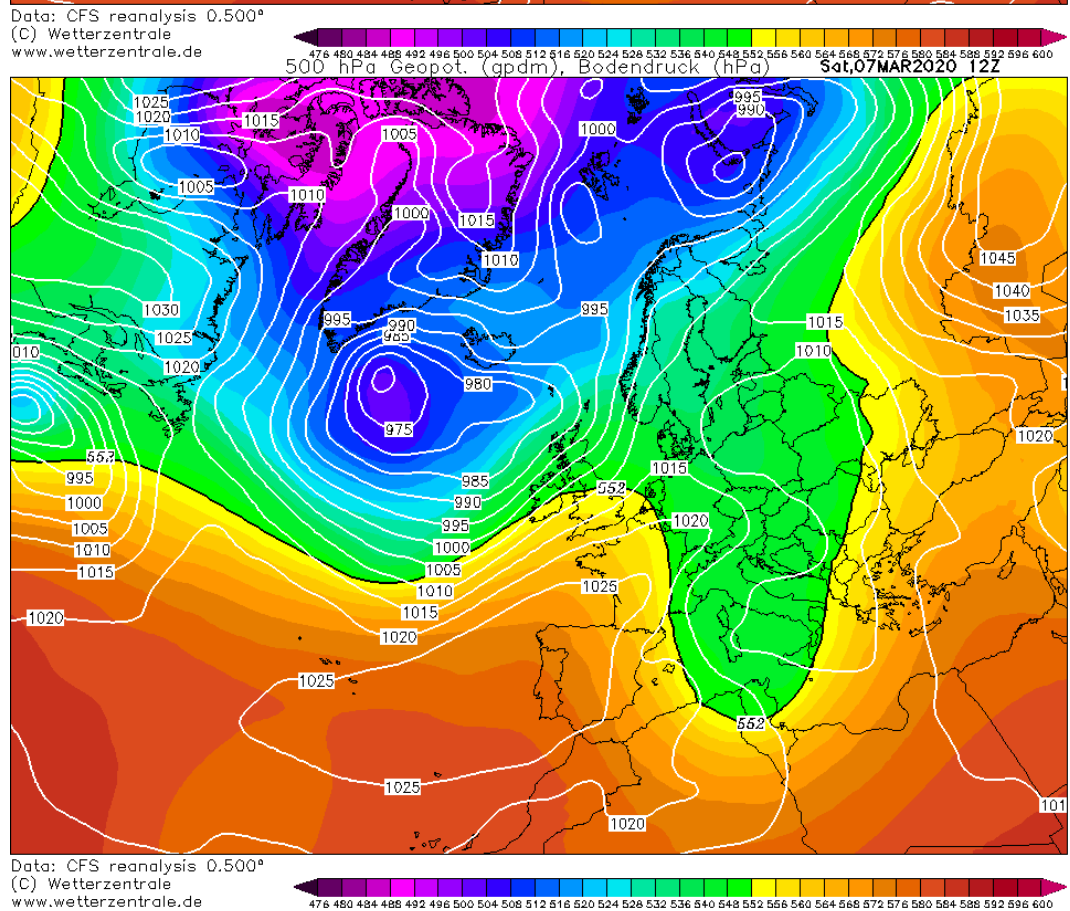
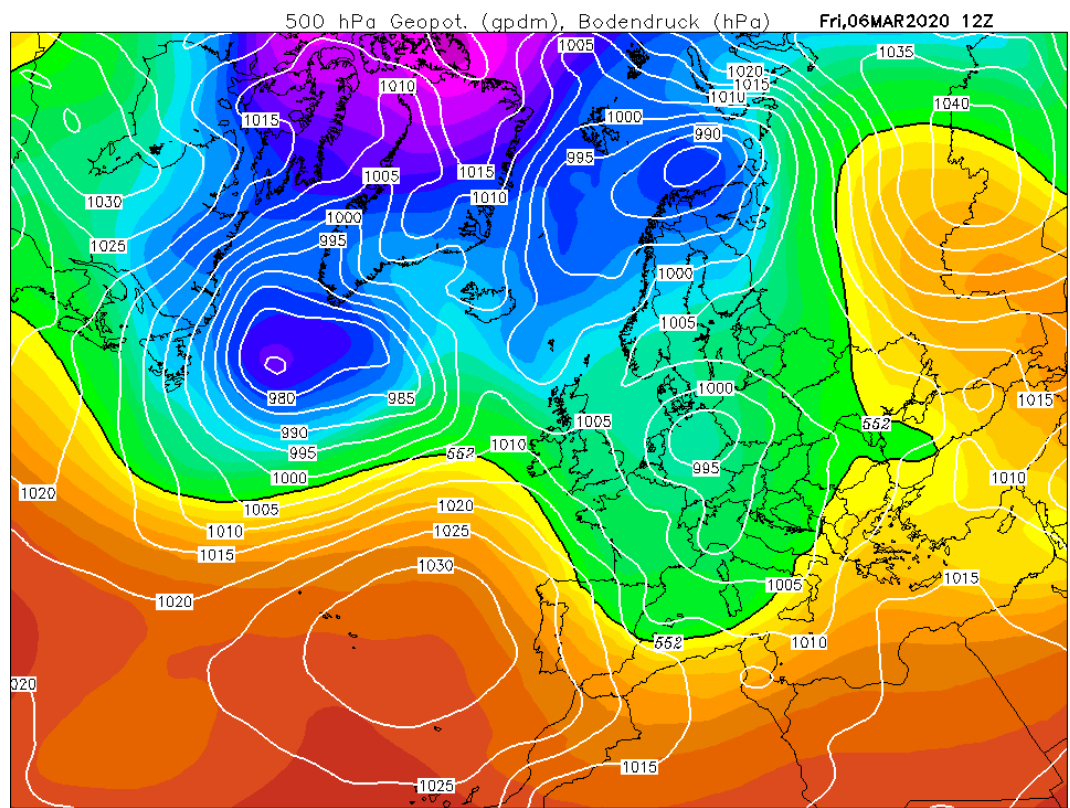




ПРИЛОЖЕНИЕ Б

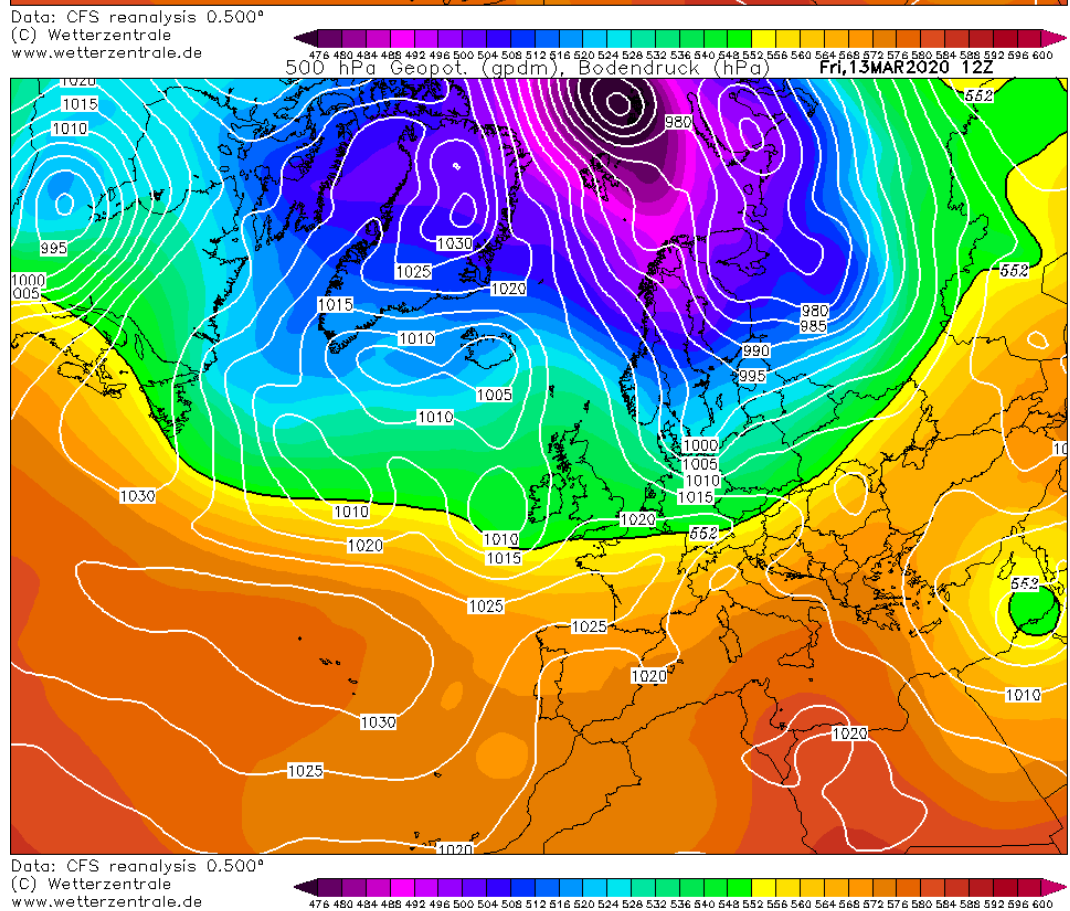
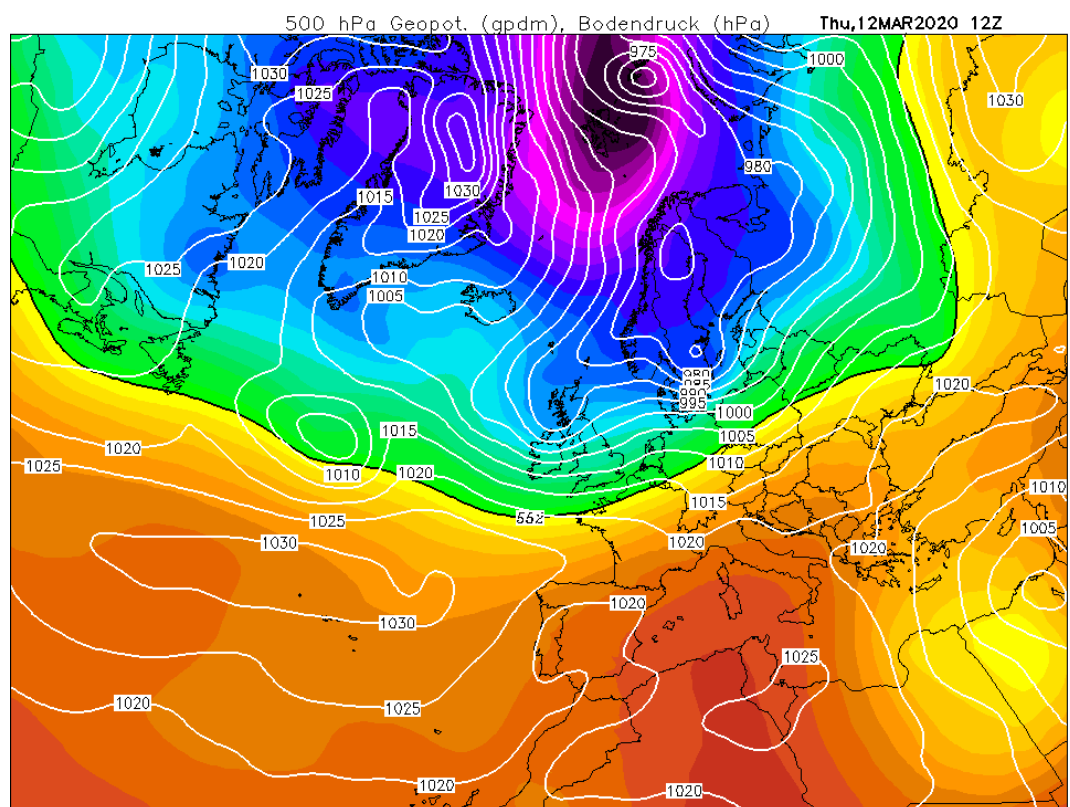
Приземные карты антициклона с 4 марта по 8 марта 2020 года

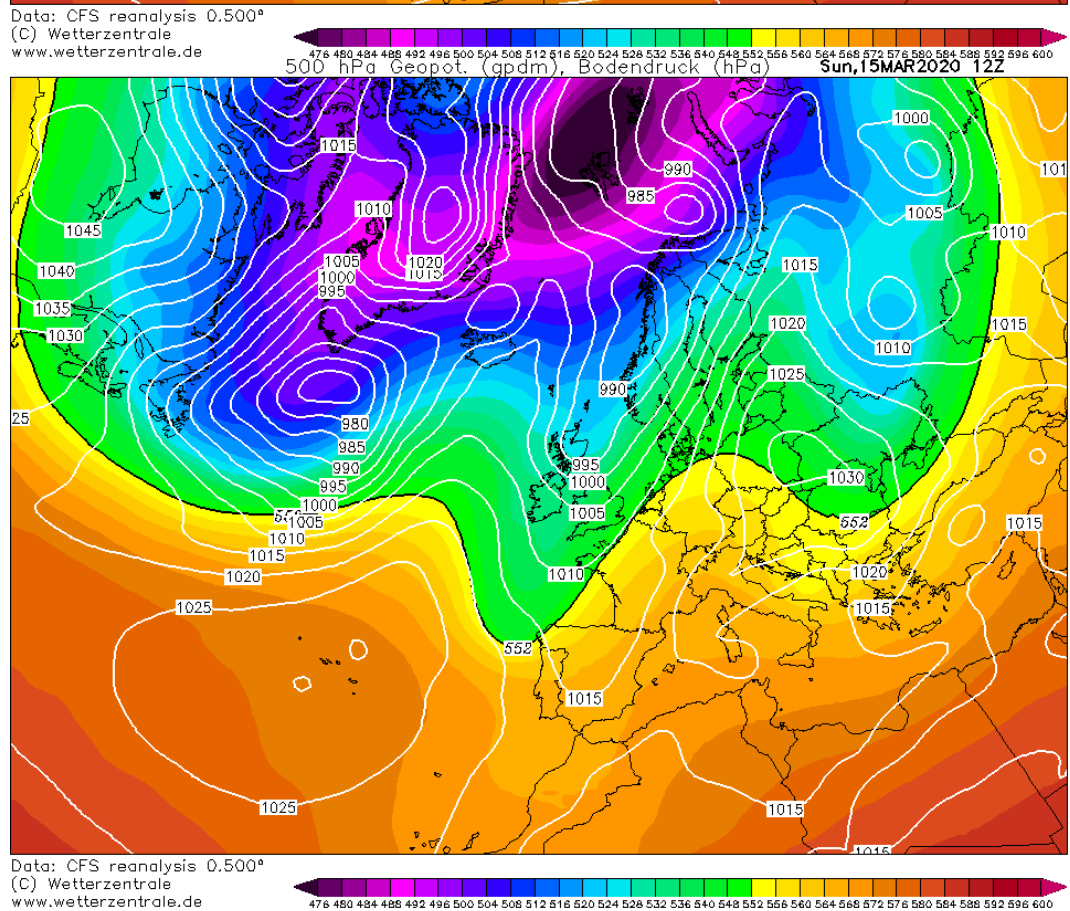
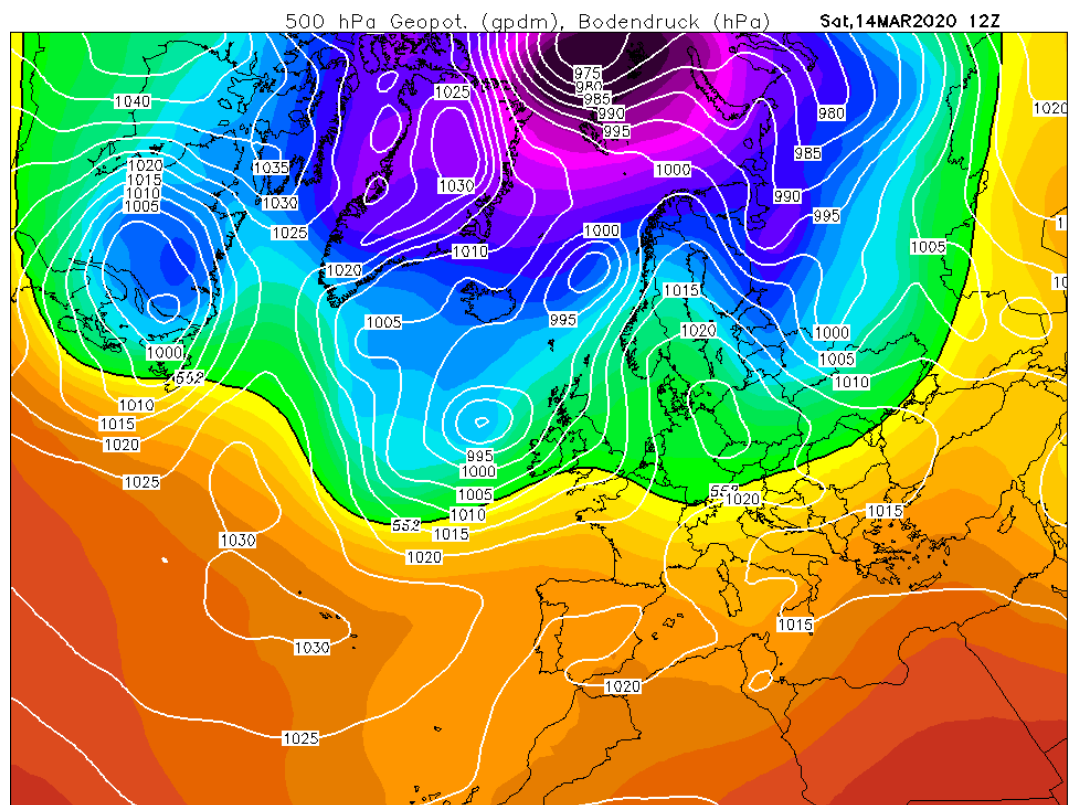


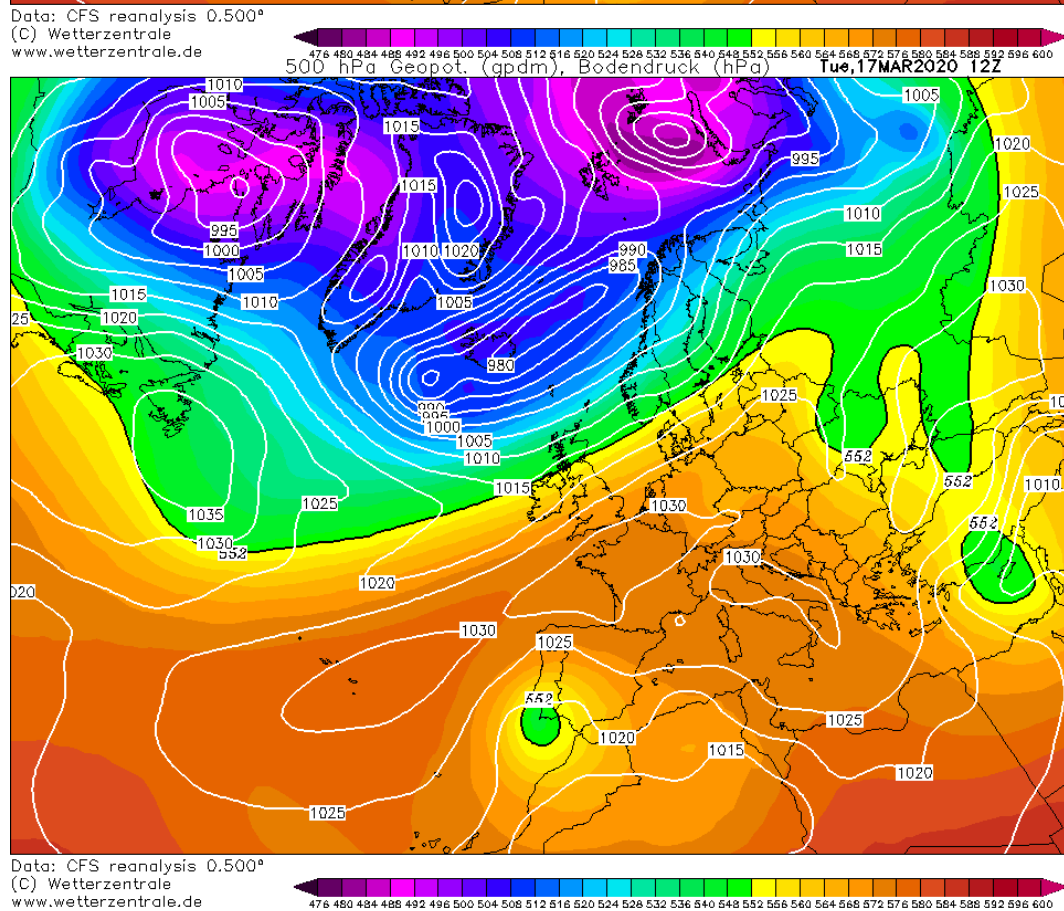
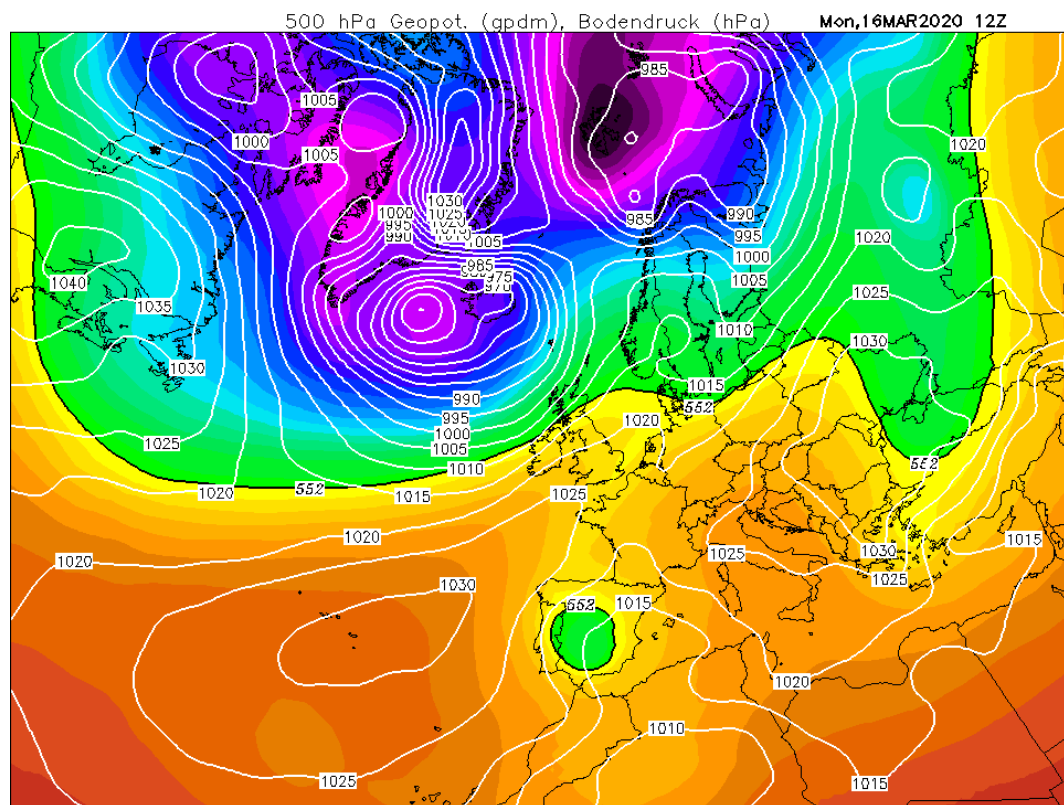


ПРИЛОЖЕНИЕ В

Приземные карты антициклона с 12 марта по 17 марта 2020 года







ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Приземные карты антициклона с 20 марта по 29 марта 2020 года

